Digitized by Google

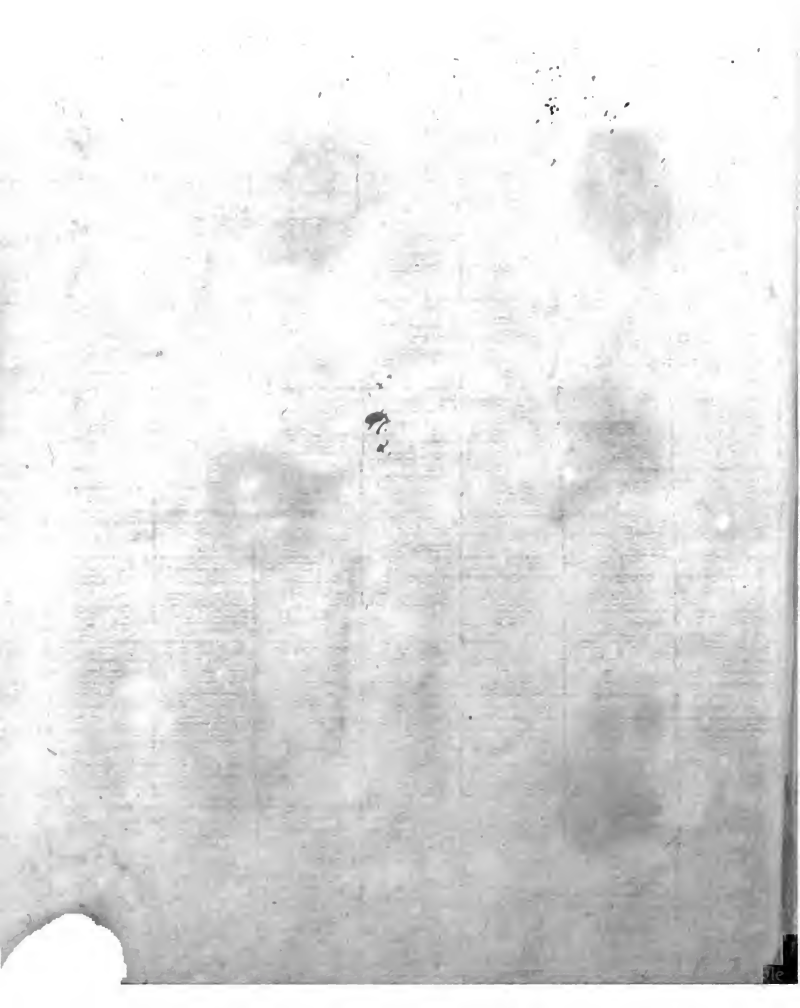
Imaniverde del.et Sc.Al.

<36604831950016

<36604831950016

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google



Digitized by Google

4° Phys. Spec. ~~H.~~ 150

Lambert

Physica. De igne. 25A.

R

Digitized by Google

Johann Heinrich Lamberts

weyl. Königl. Preuß. Ober-Bauraths, und ordentlichen Mitgliedes der Königl. Preuß. Academie der Wissenschaften, auch mehrerer andrer Academien und gelehrten Gesellschaften

Pyrometrie

oder

vom Maaße des Feuers und der Wärme.

Mit acht Kupfertafeln.

Berlin
bey Haude und Spener.
1779.

Digitized by Google

Vorrede.

Wenn ich vielleicht einigen Antheil daran hätte, daß Herr Lambert noch in den letzten Monathen seines Lebens ein Werk vollendet hat, wozu er im Jahr 1760 schon Hoffnung gemacht hatte; so müßte es mir noch um so mehr zum vorzüglichen Vergnügen gereichen, auch an der Bekanntmachung desselben nach dem Tode des verdienstvollen Verfassers einigen Antheil zu haben. Wer Lamberts Photometrie studirt, und selbst nach eigner Einsicht und Ueberzeugung Herrn Klügels Urtheil davon, wahr befunden hat, daß dieser schwere Theil der Optik durch ihn mit einemmale der Vollkommenheit so nahe gebracht sey, wie wohl nie sonst eine Wissenschaft von einem einzigen Manne, (M. s. Dr. Joseph Priestleys Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik aus dem Englischen übersetzt, und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet von Georg Simon Klügel, Leipzig 1776.) der konnte für den fernern Wachsthum der Wissenschaften nichts interessanteres erwarten, als die Erfüllung des Versprechens, womit Hr. Lambert die Vorrede zu seiner Photometrie beschließet. *Denique si quis a novitate materiae et jucunditate positionum et experimentorum quae in hoc Photometriae Tentamine exposui, et a fructu, quem inde, forsan capiet luminis theoria, animum abstrahat, atque cui bono totum hoc opus sit, ex me quaerat, hoc unum adjungam, Pyrometriam, quam curatius evolvendam, suscepi, scopum hujus libri primarium fuisse. Quanam vero ratione mensura luminis ad mensuram caloris et ignis quicquam faciat, et quis inter utramque sit nexus, hoc in ipso Pyrometriae opere, Deo adjuvante, ob oculos ponetur.* Das ist der Schluß jener erwähnten Vorrede, welcher nichts geringeres, als eine eben so vollständig bearbeitete ganz neue Wissenschaft vom Maaß des Feuers und der Wärme hoffen ließ, als

Herr Lambert von Ausmessung der Stärke des Lichts geliefert hatte. Im Werk selbst wird eben dasselbe Versprechen, daß die Pyrometrie noch nachfolgen solle, (*Parte V. Cap. I. §. 886. pag. 397.*) wiederholet, auch an eben dieser Stelle das Resultat eines Versuchs gebraucht, wovon die Pyrometrie weitere Nachricht geben sollte. Sowohl diese Stelle, als auch einige andre, woselbst von der Erleuchtung des Brennraums linsenförmiger Gläser oder sphärischer Hohlspiegel, und beyläufig von der in einem solchen Brennraum zuwege gebrachten Erhitzung, die Rede ist, veranlasseten mich im Jahr 1776 und im Anfange des Jahrs 1777, als der achte Theil meines Lehrbegriffes der Mathematik zum Druck befördert ward, Herrn Lambert in einem Briefe an die noch nicht geschehene Erfüllung seines wegen der Photometrie geleisteten Versprechens zu erinnern. Ueberdem hatte ich um einige Erläuterungen über den nach pyrometrischen Gründen angestellten Versuch gebeten, der die Schwächung der Dichtigkeit des Sonnenlichts in der Atmosphäre betrift, worauf an der kurz vorhin aus der Pyrometrie angezogenen Stelle Bezug genommen wird, als Hr. Lambert unterm 4ten März 1777 mir folgendes antwortete:

„Was den 886sten §. der Photometrie betrift, so habe ich das „Experiment nicht wiederholet, und finde es auch ziemlich unnöthig, „da die Luft sehr ungleich durchsichtig ist. (M. s. davon den 283sten §. „im 3ten Theil, 2ten Hauptstück 1sten Abschnitt dieses Werkes.) Am „besten siehet man dieses des Nachts, wo bey übrigens hellem Himmel „die kleinen Sterne nicht immer sichtbar sind, wenngleich weder Däm„merung, noch Nordlicht, noch Mondschein hinderlich sind. Die „Sternseher sind auch schon gewohnt, bey den Verfinsterungen der Tra„banten anzuzeigen, ob sie den Jupiter und dessen Streifen deutlich se„hen oder nicht. Auch bey Brenngläsern und Brennspiegeln findet man „bey gleicher Sonnenhöhe ungleiche Wirkungen. So viel ich weis, siehet „man den Mond nicht immer unter Tagen, wenn er gleich von der Sonne „weit genug weg ist. Sie haben allerdings Ursache, sich zu verwun-

„dern, daß meine Pyrometrie schon 1760 angekündiget worden, und „noch dermalen nicht herausgekommen ist. Ein guter Freund machte „mir sogar den Schluß, daß es mir wenigstens an Zeit nicht gefehlet „habe, da ich inzwischen eine Menge andrer Schriften herausgegeben. „Ich antwortete ihm darauf, daß ich mir dabey gute Weile gelassen, „und nur gelegentlich bald das eine, bald das andre nachgeholet habe. „Im Ganzen betrachtet, habe ich seit 1756 wenig daran gearbeitet, zu„weilen einige Versuche angestellt, beyfallende Gedanken hingeschrieben, „aber noch gar nichts ins Reine gebracht. Dieses dürfte aber doch „nun bald geschehen, und zwar so, daß ich die Sache zur Hauptbeschäf„tigung mache.

Aus dieser Nachricht ersiehet man, daß Herr Lambert während der Sommermonathe des Jahres 1777 mit der völligen Ausarbeitung dieser Wissenschaft vom Maaße des Feuers und der Wärme sich beschäftiget habe. Noch wenig Tage vor seinem am 25sten September 1777 erfolgten Tode hat er das ganze vollständig ins Reine gebrachte Werk dem Herrn Verleger selbst zum Druck übergeben: daher konnte es in dem allgemeinen Frankfurter und Leipziger Bücher-Verzeichniß zur Michaelmesse des Jahrs 1777 auf der 381sten Seite unter den zur öffentlichen Bekanntmachung durch den Druck schon bestimmten Schriften mit aufgeführt werden. Herr Spener, welcher mir diese Nachricht vor einigen Monathen mittheilte, als ich bey ihm schriftlich angefragt hatte, warum das Werk in zwoen nachher schon verflossenen Meßzeiten noch nicht hätte fertig geliefert werden können, machte mir ein großes Vergnügen dadurch, daß er nicht allein die Versicherung hinzu setzte, das Werk solle gewiß zur Ostermesse dieses Jahrs gebracht werden, sondern auch mehr als das erste Alphabeth schon abgedruckt an mich mit überschickte. Eben das hat die Veranlassung dazu gegeben, daß ich das ganze Werk nach dem Abdruck durchgelesen, und mit der vom Herrn Spener mir mitgetheilten Original-Handschrift des Herrn Verfassers verglichen habe. Ein Sachkundiger Freund des See-

Digitized by Google

ligen, von dem man mit Grunde vermuthen konnte, daß er für die Richtigkeit des Abdrucks die möglichste Sorge tragen würde, hat die Probebogen gelesen: auch sind mir beym Durchlesen derselben keine Fehler von Erheblichkeit aufgestoßen. Weil indessen in einem Buch voller Zahlen und Formuln auch der Aufmerksamste nur gar zu leicht Kleinigkeiten übersehen kann, und ein so wichtiges Werk dessen wohl werth ist, daß man auch Kleinigkeiten verbessere; so habe ich die von mir noch angemerkten Druckfehler dem Herrn Verleger mitgetheilt, um das Verzeichniß davon dem Werke noch beyfügen zu lassen. Allein Herr Spener fand die bloße Anzeige davon nicht einmal genügend, er wollte dem Werk die möglichste Vollkommenheit geben, und hat um deswillen mehrere ganze Blätter von neuem drucken lassen.

Was bey Ausmessung des Lichts, wenn es eine Fläche von gegebener Gestalt und Größe erleuchtet, auffallende Lichtmenge, Erleuchtung und Klarheit der erleuchteten Fläche ist, das sind bey Ausmessung der Stärke des Feuers auffallende Feuermenge, Erwärmung, und mitgetheilte Wärme oder Hitze. Eigene oder ursprüngliche Hitze, eigene Wärme, wäre bey für sich feurigen Körpern etwa das, was man bey für sich leuchtenden Körpern den eigenen oder ursprünglichen Glanz nennet. Von einem wirklichen Feuer oder anderswoher erhitzten Körper breitet sich Hitze oder Wärme nach allen Seiten nach eben den Gesetzen aus, wie das Licht von für sich leuchtenden oder anderswoher erleuchteten Körpern, nach allen Seiten wieder umherstrahlet: (M. s. des *IV*ten Theils 1stes Hauptstück) also scheint es, die Theorie von der Erwärmung, von der eigenen oder anderswoher empfangenen Hitze oder Wärme, lasse sich auf ganz ähnliche Grundgleichungen zurück führen, wie die Theorie von der Erleuchtung, dem eigenen oder anderswoher empfangenen Glanz leuchtender Körper. In dem Fall, wenn ein Körper durchaus gleich stark glühend ist, wird die Dichtigkeit der nach allen Seiten davon ausgehenden Feuertheilchen im Verhältniß vom Sinus des Ausflußwinkels, und im umgekehrten Verhält-

niß der Quadrate der Entfernungen geringer. Ist es eine feurige Kugel, so nimmt die Dichtigkeit der Feuertheilchen wie das Quadrat vom Sinus des scheinbaren Halbmessers ab. Solchergestalt breitet sich die Sonnenwärme nach ähnlichen Gesetzen aus, wie das Sonnenlicht. Uebrigens kommt bey der Erwärmung eines für sich nicht feurigen Körpers auch der Einfallswinkel in Betrachtung, weil eine gegen die Lichtflamme und Feuerstrahlen schief liegende Fläche weniger Feuertheilchen oder Lichtmasse auffängt, als eine solche, worauf die Strahlen senkrecht fallen. Was nun Klarheit der erleuchteten Fläche heißt, das hängt ab von der Menge des zurückgehenden und nach allen Seiten wieder umherstrahlenden Lichts: Bey der Erwärmung aber kommt es hauptsächlich auf die Strahlen an, die nicht nur auffallen, sondern auch in die Masse des Körpers hineindringen, und eben hiebey tritt ein Umstand ein, welcher es nothwendig macht, außer den Gründen, welche die Pyrometrie mit der Photometrie gemein hat, noch einige andere der Pyrometrie eigenthümliche Gründe aufzusuchen. Eben darum ist die Uebereinstimmung der Gründe beyder Wissenschaften nicht so vollkommen, als man anfangs vermuthen mögte.

In demselben Augenblick, wenn das Licht auf einen für sich dunkeln Körper fällt, ist der Erfolg ganz da, welchen man unter dem Namen der Erleuchtung und Klarheit der erleuchteten Fläche als eine Wirkung des auffallenden Lichts betrachtet: auch in demselben Augenblick, wenn alles das Licht, was bisher auf die Fläche fiel, ihr wieder entzogen wird, fällt die bisherige Erleuchtung und die davon abhängende Klarheit der Fläche ganz wieder weg. Der dunkle Körper wird nicht etwa nur nach und nach heller, oder in dem umgekehrten Fall, nachdem ihm das auffallende Licht ist entzogen worden, nach und nach dunkler. Wenngleich der bononische Stein, der Balduinische und Marggrafische Phosphorus, vielleicht auch noch mehrere andre Massen, das Licht einsaugen, und im Dunkeln noch einige Zeit zu leuchten fortfahren, so sind das doch nur wenige Abweichungen von der sonst allgemeinen Regel; in der Photometrie kann man wenigstens zur Zeit dar-

auf noch nicht Rücksicht nehmen, und eben darum hängt in den photometrischen Grundformeln nichts von der Zeit ab, die während der Erleuchtung verfließet. Dagegen wird die Masse eines für sich nicht feurigen Körpers, wenn derselbe mehrerer Wärme oder Hitze, als er selbst hatte, ausgesetzt ist, nach und nach wärmer: auch umgekehrt, wenn ihm die äußere Wärme oder Hitze ist entzogen worden, so erkältet er nach und nach. Die Erwärmung der Masse eines Körpers hängt demnach von der Zeit ab, und auch umgekehrt seine Erkältung, wenn er sich in einem Raum befindet, der weniger Wärme als er selbst hat. Es bedarf Zeit, bevor die Wärme in die Masse hineindringen, und sich in derselben nach allen Seiten durch den von der Masse ausgefüllten Raum vertheilen kann: auch umgekehrt bedarf es Zeit, bevor die Wärme aus der Masse wieder heraustreten, und in andre nicht so warme Massen, die vielleicht jene umgeben, wieder hineindringen kann. Das alles hängt überdem theils von der Größe des wärmer oder kälter werdenden Körpers, theils von der physischen Beschaffenheit seiner Masse ab: demnach reicht man mit den Grundsätzen der Photometrie allein in der Pyrometrie nichts aus.

Ein Körper, der im Feuer liegt, oder sonst mit einer durchgängig gleich warmen Masse von allen Seiten umgeben ist, wird so lange nach und nach wärmer, als die Wärme der ihn umgebenden Masse seine eigene Wärme, die er schon hat, übertrift. Wenn dagegen der Körper selbst wärmer ist, als die von allen Seiten ihn umgebende Masse, so nimmt die Wärme des Körpers nach und nach so lange ab, bis seine eigene Wärme, der Wärme der ihn umgebenden Masse gleich geworden ist. Liegt also ein Körper nicht selbst im Feuer, aber doch außerhalb dem Feuer demselben so nahe, daß es ihm noch Wärme mittheilen kann, ohne daß der Masse, welche den Körper umgiebt, zugleich eben so viele Wärme mitgetheilet wird; so ist mit der Erwärmung des Körpers zugleich eine Erkältung verbunden, weil derselbe, der ihn umgebenden kältern Masse einen Theil der schon erlangten

Wärme

Wärme beſtändig wieder mittheilet. Ein Körper, der den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt iſt, wird zwar erwärmt, verliert aber zugleich beſtändig wieder etwas Wärme, die er der ihn umgebenden kältern Luft mittheilet. In den *Actis Helveticis* (Vol. II. pag. 172 ſqq.) findet ſich ſchon ein hieher gehöriger Aufſatz vom Herrn Lambert unter dem Titel: *Tentamen de vi caloris, qua corpora dilatat, ejusque dimenſione*, in dem gegenwärtigen Werke aber iſt alles von neuen vorgenommen, und durch Vergleichung mit ſehr vielen Erfahrungen weiter ins Licht geſetzt worden. Die Wärme, welche ein erkältender Körper in jeder Minute verliert, iſt der Wärme, die er hat, proportional. Er verliert ſeine Wärme in gleichen Zeittheilen in geometriſcher Proportion; die Menge der Wärme die der Körper hat, verhält ſich wie ſein körperlicher Raum, die Menge, welche er in jedem Zeittheile verliert, wie ſeine Oberfläche. Bey Körpern, die aus einerley gleichartigen Maſſe beſtehen, aber ungleich groß ſind, iſt das Verhältniß der Zeiten, worinn die Wärme in gleichem Verhältniß abnimmt, zuſammengeſetzt, aus dem Verhältniß der cubiſchen Räume, und dem umgekehrten Verhältniſſe der Oberflächen dieſer Körper. Das ſind Grundgeſetze, welche Herr Newton ſchon annahm, als er in den philoſophiſchen Transactionen vom April des Jahrs 1701 eine Stuffenleiter verſchiedener Grade der Wärme und Kälte bekannt machte. (M. ſ. davon *Newtoni opuſcula collecta a Joh. Caſtillioneo, Lauſannæ et Genevæ 1744.* Tomo II. *Opuſc.* XXI. pag. 422. Auch vergleiche man *Newtoni Philoſophiæ Naturalis Principia Mathematica, Edit. le Sueur et Jacquier* Lib. III. Prop. VIII. Cor. IV. Tom. III. Part. I. pag. 51, und Prop. XLI. das beygefügte Exempel Tom. III. Part. II. pag. 640.) Herr Lambert findet dieſe Sätze mit einigen nöthigen Einſchränkungen der Erfahrung gemäß, ſeine Beobachtungen und Verſuche berechtigen ihn, jene Sätze als die vornehmſten Gründe der Theorie von der Erwärmung und Erkältung anzunehmen, und aus dem am Ende der Vorrede beygefügten Verzeichniß vom ganzen Inhalt dieſes Werkes kann man vorläufig im allgemeinen überſehen, wie mannigfaltige intereſſante Anwendungen der Herr Ver-

fasser von diesen Gesetzen der Erwärmung und Erkältung gemacht habe.

Eine der bekanntesten Wirkungen der Wärme bestehet darinn, daß sie feste und flüßige Massen in einen gröbern Raum ausdehnt, und daß gröbere Grade der Hitze gewaltsame Aenderungen in der Structur der Massen und der Verbindung ihrer Theile hervorbringen. Wasser und andre flüßige Massen bringt die Hitze zum Sieden und löset sie in Dämpfe auf. Metalle zerschmelzen in der Hitze, Holz bricht in eine Flamme aus, die eine Menge der Bestandtheile des Holzes mit wegführet, und den Ueberrest in Asche verwandelt. Dies leitet ganz natürlich auf die Vorstellung, daß die in den Zwischenräumchen eines Körpers zerstreueten Feuertheilchen ein beständiges Bestreben äußern, die Elementartheilchen der Masse desselben auseinander zu reißen, und daß im Gegentheil das, was wir uns unter dem Namen der Cohäsionskräfte als die Ursache des Zusammenhanges der Festigkeit und Härte der Masse vorstellen, jenen Ausdehnungskräften der Feuertheilchen entgegen wirke. Wenn feste Massen der Hitze ausgesetzt flüßig werden, so muß wohl die Ausdehnungskraft der Wärme so weit gehen, daß sie die Cohäsionskräfte wenigstens gröstentheils aufhebt. Mischet man olche Massen, die bey mäßiger Wärme für sich schon flüßig, oder bey stärkerer Hitze flüßig geworden sind, unter einander, so ändern sich ihre Dichtigkeit, und die Cohäsionskräfte, mithin auch die Wirkungen der Wärme, in wie weit dergleichen durch die Vermischung zuwege gebrachten Massen hiernächst leichter oder schwerer in Fluß zu bringen sind. Diese Aenderung der Dichtigkeit und Cohäsionskräfte untereinander vermischter Massen geht gewöhnlich gleich bey der Mischung vor, und hat in Absicht auf das Gleichgewicht zwischen der Ausdehnungskraft der Feuertheilchen und den Cohäsionskräften den Erfolg, daß die Mischung wärmer oder kalter wird, als die Massen vor der Vermischung waren. Wenn gleich dasjenige, was Herr Lambert im fünften Theil dieses Werkes zur Aufklärung der hieher gehörigen, oft sonderbar genug scheinenden Erfolge gesagt hat, vielleicht noch nicht alles hin-

Digitized by Google

länglich genug ins Licht ſetzet; ſo geben doch ſeine Bemühungen eine nähere Anleitung dazu, auf welche Umſtände bey fernern darüber anzuſtellenden Verſuchen man vornemlich aufmerkſam ſeyn müßte.

Außer den bereits bekannt gewordenen Nachrichten von Herrn Lamberts Leben und Schriften, haben wir im nächſten Bande der Nouveaux Memoires de l'Academie Royale des Sciences de Pruſſe noch eine *Eloge* vom Herrn Formey zu erwarten, alſo wage ich es für meine Perſon nicht, Lamberts Biograph zu werden. Mein Wunſch war es wirklich anfangs, allein dies hätte mehr Zeit und Muße erfodert, als mir bis dahin noch übrig war, da dieſes Buch fertig geliefert werden mußte. Demnach hätte ich es dabey müſſen bewenden laſſen, hier etwa noch ein Verzeichniß der ſämmtlichen Lambertſchen Schriften beyzufügen, wenn nicht unſer hieſige Herr Profeſſor Johann Auguſt Eberhard mir das große Vergnügen gemacht hätte, einige Bemerkungen über Lamberts Genie und Character aufzuſetzen, mit der Erlaubniß, ſelbige dieſer Vorrede beyzufügen.

Das Verzeichniß ſeiner größern Schriften findet man vollſtändig im Hamberger und Meuſelſchen gelehrten Teutſchlande. Dritte Auflage 1776. Seite 609. 610. Ein Verzeichniß der in den Schriften der Königl. Preußiſchen und Churfürſtl. Bayerſchen Acad. der Wiſſenſchaften, in den *Actis Helveticis*, den *Actis Eruditorum Lipſ.* und den Aſtronomiſchen Jahrbüchern der Academie zu Berlin, auch ſonſt noch hie und da zerſtreut befindlichen kleinern Abhandlungen, hätte ich noch gern hinzugeſetzt, wenn es mir nicht an Zeit gefehlet hätte, alles nöthige nachzuſehen. Es iſt alſo nur aus Furcht, daß ich nicht alles vollſtändig zuſammen bringen mögte, unterblieben. Halle, am 6ten April 1779.

Wenceslaus Johann Guſtav Karſten.

Ueber Lamberts Verdienste

um die theoretische Philosophie

von

Johann August Eberhard.

Vielleicht habe ich mich etwas zu übereilt anheischig gemacht, Ihnen zu einer Nachricht von Lamberts Leben und Schriften einige Beyträge zu liefern. Da ich das Glück gehabt habe, persönlich mit diesem großen Manne umzugehen, so glaubte ich mich im Stande, Ihnen einige Bemerkungen über sein Genie und seinen Character mitzutheilen, die derjenige nicht machen kann, der ihn nur aus seinen Schriften kennt. Allein, indem ich das, was ich zu sagen hätte, mit dem vergleiche, was bereits an zwey Orten von Männern gesagt ist, die ihn vollkommen gekannt zu haben scheinen: so sehe ich wohl, daß meine Bemerkungen nichts anders als die Wiederholungen der ihrigen seyn würden. Diese Männer sind: Herr Bernoulli in den *Nouvelles litteraires de divers pays, avec des Supplemens pour la liste & le necrologe des Astronomes. Troisieme cahier.* S. 73. 74. und ein Ungenannter im deutschen Merkur vom September 1778. S. 259-278.

Das, worüber ich Ihnen insonderheit etwas zu schreiben gedacht, das ich aber in dem Aufsatze des deutschen Merkur bereits besser gesagt finde, als ich es zu sagen hoffen kann, ist, was einem jeden sogleich auffallen mußte, der mit der hohen Meynung von Lamberts innern Werthe ihn persönlich kennen lernte, nemlich die vielen Besonderheiten seiner äußern Sitten, die mit seinem großen Verstande und seinem vortreflichen sittlichen Charakter auf eine undegreifliche Art kontrastirten. Dieses Besondere in seinen Sitten läßt sich wohl aus nichts anderm erklären, als aus der unüberwindlichen Gewalt der frühen Gewohnheit, der Unwiderstehlichkeit der Eindrücke der äußern Umstände, worinn der Mensch lebt, wenn man sieht, daß selbst ein Geist davon nicht unangegriffen bleibt, der in allen andern Aeußerungen seiner Kraft, worinn er ungehindert wirken kann, das Gepräge einer höhern Ordnung von Wesen an sich trägt. Die Spuren dieser ersten Eindrücke mögen daher immer so unauslöschlich seyn, als die Falten der Hand, sie können aber auch eben so gut, als diese, mit der umfassenden und fortdringenden Wirksamkeit der Kraft bestehen.

Ich will, mit Ihrer Erlaubniß, die Stelle selbst aus dem Aufsatze des deutschen Merkurs, worinn Lamberts Genie und Character nach dieser Bemerkung weitläuftiger ist entwickelt worden, hieher setzen: „Dies sind die vornehmsten Lebensumstände eines Mannes, den seine Verdienste um die Wissenschaften eben so berühmt, als sein vortreflicher Charakter verehrungswürdig machten. „Zwar hat seine erste Erziehung unauslöschliche Spuren seines ursprünglichen niedrigen Standes zurückgelassen, die sich in seinem schüchternen gehemmten Wesen, unharmonischen, und bisweilen poßierlichen Anzuge, elenden Hausrath seiner Zimmer, lauten lachen, oft platten Scherz und komischen Geberden, auch dem Geschmacke an hohen ungebrochenen Farben, groben Speisen und süßen schlechten Weinen beständig äußerten, und ihn bisweilen bewogen, sich *) bey Caffeegesellschaften unter gemeine Bürger zu mengen, in ihre politischen Raisonnements einzulassen „und ihre herrlichen Einfälle mit vollem Halse zu belachen. Aber unter dieser „bizarren Hülle lagen die schönsten Eigenschaften des Herzens und Verstandes verborgen. Eine wahre jungfräuliche Sittsamkeit und Schaamhaftigkeit, und die „vollkommenste Reinigkeit von dem so allgemeinen Laster der Liederlichkeit; eine „redliche, gerade, von allem Scheine schiefer Abwege, von allem Schatten einer „Falschheit oder Unwahrheit entfernte Denkungsart; lebhafter Abscheu gegen alle „Arten der Ungerechtigkeit; promter, freywilliger Ersatz, wenn er durch Urtheile „oder Handlungen dergleichen begangen zu haben glaubte; Friedfertigkeit in einem so hohen Grade, daß er auch entfernte Gelegenheiten zu jeder Gattung von „Streitigkeiten sorgfältig vermied; eine nicht zu ermüdende Geduld und Gelassenheit; gänzliche Abwesenheit mürrischer, übler Laune; aufrichtige Bereitwilligkeit, mit seinem Unterrichte denen zu dienen, die ihn ohne Nebenabsicht suchten; das thätigste Mitleid, wo er Elend sahe — alles dieses machte ein vortreffliches Ganzes bey ihm aus. Wahre feurige Andacht, die oft zu einer stillen „Begeisterung stieg; tiefes Gefühl der Abhängigkeit von Gott und der Unvollkommenheit unserer Erkenntniß von diesem höchsten Wesen, und ungeheuchelte „Demuth und Ehrfurcht gegen dasselbe, erfüllten ihn von seiner ersten Jugend „an, und blieben, ungeachtet der, in den letzten Jahren seines Lebens, auch in „einigen seiner Religionsbegriffe unvermerkt vorgegangenen Veränderungen, unverändert, und die Folge davon, ächte, innere, ungestöhrte Seelen- und Gewissensruhe, heiterte oft sein Gesicht zu einer Art von himmlischer Schönheit „auf. Mit Verachtung sah er Werke an, welche die Religion bestritten, und „mit Entzücken las und empfahl er wohlgerathene Widerlegungen derselben. Er „war ohne alle Einschränkung Weltbürger und Menschenfreund; aber eigentliche „Freundschaft hat man an ihm so wenig, als vorzügliche Liebe gegen irgend einen „Ort, sein Vaterland selbst nicht ausgenommen, oder Spuhren des Schweizerly

*) An öffentlichen Orten.

„schen National-Characters, bemerkt. Doch nahm er Antheil an den Schicksa-
„len derer, die er schätzte. Als Sulzer tödtlich krank lag, weinte Lambert die
„einzigen Thränen, die man ihn hat vergießen sehen. Nichts machte ihm größe-
„res Vergnügen, als wenn er jungen Leuten von Genie fortheilfen, und zu ihrer
„Entwickelung beytragen konnte; und er freuete sich allezeit, wenn er fand, daß
„ein anderer nach seinen Ideen gearbeitet, oder sie genutzt, oder der Fassung der
„größern Zahl näher gebracht hatte.“

Sie sehen, daß in diesem richtigen Gemälde der sittlichen Gestalt des vortreflichen Lamberts kein Pinselzug mehr anzubringen ist. Ich muß mich also auf seinen litterarischen Charakter einschränken, und auch von diesem bleibt mir nichts als der philosophische Theil übrig.

Da Lamberts Genie sich beynahe mit keinem Theile der philosophischen und mathematischen Wissenschaften beschäftigt hat, ohne darinn die Gränzen erweitert, wenigstens neue Aussichten eröfnet und bisher unversuchte Anwendungen bekannter Grundsätze gewiesen zu haben, so muß es interessant seyn, sowohl diese Erweiterungen selbst, als auch die Methode kennen zu lernen, die er dabey befolgt hat.

Die Hauptwerke, woraus wir beydes kennen lernen, sind sein neues Organon und seine Architektonik. Das Erstere enthält die Regeln für die Form der wissenschaftlichen Erkenntniß, das Andere berichtiget die allgemeinen Begriffe, die als die Materie derselben können angesehen werden. So viel Scharfsinn Lambert, in Ansehung der letztern, beynahe verschwendet hat, so kann man doch behaupten, daß seine Bemühungen, in Ansehung der Erstern glücklicher gewesen sind, daß ihm die Vernunftlehre mehr zu verdanken hat, als die Metaphysik. Wenn man bedenkt, daß ihn die mathematischen Wissenschaften zu seinen philosophischen Spekulationen geleitet haben, so wird man sich das nicht wundern lassen. Die Regeln der Argumentation sind in der reinen und angewandten Mathematik vollkommen die nämlichen als in der spekulativischen Philosophie, und ein Weltweiser, der auf den Gang der mathematischen Untersuchungen merkt, kann daraus Kunstgriffe zum Beweisen und Erfinden für alle genauere Wissenschaften herleiten. In der Berichtigung der Begriffe selbst aber kann die Mathematik dem Philosophen bey weiten nicht so gute Dienste leisten. Die Begriffe, die er braucht, liegen außer dem Gebiete der Mathematik, ja der Mathematiker muß oft, wenn er seine Meditationen in das Gebiete der spekulativischen Weltweisheit erheben, und die Begriffe in ihrer höchsten Allgemeinheit und Reinigkeit darstellen will, die Begriffe zu vergessen suchen, die ihm in der Mathematik nützlich waren.

Daß also Lambert den Weg zu seinen philosophischen Untersuchungen über die Mathematik genommen, ist schon aus dem verschiedenen Glücke sichtbar, wo mit er die Vernunftlehre und die Methaphysik bearbeitet hat. Man würde es daher schon seinen logischen Theorien, seinen nützlichen Bestimmungen allgemeiner logischer Regeln, ansehen, daß er den denkenden Verstand mitten in seinen schwersten und verwickeltesten Operationen beobachtet hat; wenn er es nicht selbst ausdrücklich sagte. Er giebt uns aber selbst von diesem Verfahren in der Vorrede zu seinen Cosmologischen Briefen Nachricht.

„Ich habe mich, (sagt er, S. 6.) seit vielen Jahren schon damit beschäftigt, daß ich sowohl von meinen eigenen als andern ihren Erfindungen, nicht leicht eine vorbey ließ, da ich nicht gesucht hätte, die Kunstgriffe und Regeln, die dabey vorkommen, zu abstrahiren, und mir eine Sammlung davon zu machen, die ich künftig als Anmerkungen und Zusätze zur Vernunftlehre und Erfindungskunst herauszugeben gedenke.„ Sein neues Organon war also aus dem Beobachten des menschlichen Geistes bey der Erfindung und Bearbeitung der Wissenschaften entstanden. Vermittelst dieser Methode vereinigte Lambert die Vorzüge aller seiner Vorgänger in sich.

Aristoteles hatte nur einen Theil der Analytik oder der Lehre von den Beweisen, nemlich die Syllogistik bearbeitet. Diese machte viele Jahrhunderte hindurch den vorzüglichsten Theil der Logik und den einzigen Theil der Analytik aus. Der Mißbrauch, den seine Nachfolger davon machten, indem sie die Regeln, die das Denken erleichtern sollten, in Schlingen der gelehrten Disputirkunst verwandelten, brachten die Syllogistik endlich in die äußerste Verachtung. Als ungefähr zu gleicher Zeit in Deutschland, Italien und England die Erfahrungsphilosophie ihr Haupt erhob, und Keppler, Galildi und Bako auf dem Wege der Beobachtung wichtige Wahrheiten entdeckten, die der scholastischen Syllogistik unzugänglich geblieben wären: so verwarf Bako die Syllogistik ganz und gar, und empfahl die Induction als den einzigen Weg zur Wahrheit; und Locke folgte ihm hierinn. Wolf war der Erste, der die Syllogistik wieder in Ansehen brachte, nachdem Leibnitz ihn durch einige Winke auf ihren Nutzen aufmerksam gemacht hatte.

Es schien, als wenn sich nach Wolfen zu diesem Theile der Vernunftlehre nichts mehr hinzusetzen ließe, und in der That war man ihm schon lange genug gefolgt, ohne zu seinen Regeln etwas Beträchtliches hinzuzusetzen.

Dieses war Lamberten vorbehalten. Sein erste Verdienst um diese Wissenschaft war die Erfindung einer geschickten Bezeichnung, wodurch er die

Digitized by Google

Verhältnisse der Begriffe, ihre Ausdehnung und Unterordnung sinnlich machte, und so die Behandlung der Sätze, in Ansehung ihrer Umkehrung, und den Beweis der zulässigen Arten solcher Umkehrungen erleichterte. Wenn dieses auch vor der Hand aller Nutzen ist, den man sich von dieser Erfindung zu versprechen hat, so kann sie, wie ein gründlicher Philosoph bemerkt, den spekulativen Köpfen dennoch nicht ganz gleichgültig seyn, da dieses der erste Schritt ist, den man zu thun hat, wenn dereinst eine allgemeine Bezeichnungskunst erfunden werden soll, um alle philosophische Fragen auf eine Art von Berechnung reduciren zu können.

Er blieb indeß bey diesen ersten Versuchen nicht stehen, er verlor die Bezeichnungskunst der Qualitäten, wovon Leibnitz die erste Idee gegeben, nie aus den Augen. Zu dem Ende berichtigte er (in den *Actis Erud. Lipsi.* vom Jahr 1767. S. 334. und f.) einen Versuch, den *L. Richer* in den *Miscellaneis Taurinensibus* unter der Aufschrift: *Algebrae philosophicae, in usum artis inveniendi specimen primum*, bekannt gemacht hatte. So unvollständig und fehlerhaft dieser Versuch war, so vielen Beyfall ertheilte er dem Eifer des Mannes, der ihn unternommen hatte. Er beklagte es, daß der Kaltsinn, womit er von einer Seite und das Hohngelächter, womit er von der andern aufgenommen worden, einen gelehrten Mann abgeschreckt, den zweyten und wichtigsten Theil desselben der Welt mitzutheilen. Er glaubte, daß ein jeder auch verunglückter Versuch, die Wissenschaften durch nützliche Erfindungen zu erweitern, Achtung, so wie der Mann, der ihn gewagt, Aufmunterung, verdiene. Er machte bey der Gelegenheit die Anmerkung, die uns von seinem warmen und unpartheyischen Eifer für das Fortkommen der Wissenschaft einen hohen Begriff machen muß: „Auch das haben alle große Erfindungen mit „einander gemein, daß sie noch würden verborgen seyn, wenn nicht einige, indem „sie bey dem Ziele vorbey trafen, andern Gelegenheit gegeben hätten, es schärfer „in das Auge zu nehmen.„

In dem ersten Versuche hatte *Richer* zwanzig Zeichen für eben so viel abstrakte Begriffe angegeben, an denen er versuchen wollte, die besonderern Begriffe nach gewissen Regeln der wesentlichen Bezeichnungskunst zusammenzusetzen. Allein diese Regeln, welche der zweyte Versuch enthalten sollte, sind mit diesem zweyten Versuche unterdrückt worden.

Diesen Verlust kann uns einigermaaßen die Abhandlung ersetzen, die Lambert selbst vorher (in den Actis Er. Lipſ. vom Jahr 1765. S. 441. u. ff.) unter der Aufschrift bekannt gemacht hatte: *I. H. LAMBERTI de universaliori Calculi idea, Disquisitio, una cum annexo Specimine.* Diese kleine Schrift giebt nicht nur einen richtigen Begriff von Leibnitzens *speciosa generali*, der so oft ist verfehlt worden, indem man sie bald bloß auf die syllogistische Bezeichnungs-

rungskunst eingeschränkt, die nur ein Theil davon ist, bald einen Calcul der intensiven Größen, bald gar eine allgemeine Sprache darunter verstanden; sie zeigt die Möglichkeit einer solchen allgemeinen Charakteristik, und enthält einen Versuch in derselben an einigen leichten Begriffen.

Die Analogie zwischen dem zusammengesetzten Ganzen bey den Quantitäten, und zwischen dem Besondern bey den Qualitäten auf der einen Seite, so wie der Theile, woraus das Ganze besteht und der Begriffe des Allgemeinen, welche in dem Begriffe des Besondern als Merkmale zusammen kommen, läßt sich nicht verkennen. Und wenn man diese Analogie annimmt, so läßt sich kaum zweifeln, daß man eben so, wie man zusammengesetztere Größen durch derivative Zeichen ausdruckt, die nach gewissen Regeln aus primitiven zusammengesetzt sind, eben so auch besondere Begriffe durch derivative Zeichen ausdrücken könne, die ebenfalls nach gewissen Regeln aus den primitiven Zeichen der allgemeineren Begriffe zusammengesetzt sind. Nur müßte man erst die Begriffe in ihre ersten Merkmale aufgelöset und für die allgemeinsten schickliche primitive Zeichen erfunden haben. Das ist es, was bey dieser wichtigen Erfindung die erste und größte Schwierigkeit macht, von dessen Nothwendigkeit Leibnitz wohl überzeugt war, was aber, wenn es einmal zu Stande gebracht wäre, die Untersuchung und Erfindung der Wahrheit so sehr erleichtern würde. Der Verstand würde, vermittelst der Zeichen, die abstractesten Begriffe rein und genau fassen und in ihrer Verbindung, vermittelst untrüglicher Regeln, sicher zu Werke gehen können.

Ein zweytes Verdienst, wodurch Lambert sich unter den ersten logischen Schriftstellern einen Platz verschaft hat, ist die richtigere und genauere Bestimmung der logischen Schlußfiguren. Bisher hatte man nur sehr schwankende Begriffe von dem Nutzen dieses Theils der Syllogistik gehabt. Der Mißbrauch, den man zu den Zeiten der Schulphilosophie mit den syllogistischen Figuren getrieben, indem man durch die Schlußreden in der zweyten, dritten und vierten Figur, nur schien seine Gegner verwirren zu wollen, die Möglichkeit sie alle auf das *Dictum* der ersten zu reduciren, hatte sie auch gründlichen Philosophen verächtlich gemacht, wenigstens waren die billigsten unter ihnen geneigt, doch immer der Ersten einen größern Grad der Evidenz beyzulegen.

Lambert zeigte, daß eine jede ihr besonders Dictum habe, daß es Sätze gebe, zu deren Beweise man durch die eine Figur näher gelangt, als durch die übrigen, daß, wenn man sie auch alle auf die Erste zurückbringen könne, dieses doch nicht anders, als durch einen Umweg angehe, der immer ein Umweg ist, die Erkenntniß der Wahrheit erschwert und von den Erfindern wohl nie betreten ist, auch nicht füglich betreten werden kann.

Die Betrachtungen über die Natur der identischen Sätze, das ist, solcher Sätze, die Subjekt und Prädikat von gleicher Ausdehnung haben, sind ein dritter Vorzug seines Organons vor andern logischen Lehrbüchern. Die Entwickelung ihrer Eigenschaften zeigt es sattsam, wie fruchtbar sie sind, und was man von ihnen in der Erfindungskunst für Vortheile zu erwarten hat. Da sie sich schlechtweg umkehren lassen, da sie als Vordersätze in Vernunftschlüssen wieder identische Schlußsätze geben, die alle Vorzüge ihrer Vordersätze haben: so muß ihr Nutzen in der Naturlehre von großem Umfange seyn. Wenn man erst solche Sätze hat, deren Begriffe einander ausschließend zu kommen: so kann man gleich auf den Andern schließen, so bald uns die Natur den Einen gezeigt hat. Wenn wir einmal wissen, daß nur eine Kugel in jeder Lage gegen die Sonne einen runden Schatten haben könne: so wissen wir, daß die Erde eine Kugel sey, weil sie uns ihren Schatten im Monde noch nie anders als rund gezeigt hat.

Die größten Köpfe pflegen gemeiniglich die Schranken des menschlichen Verstandes am lebhaftesten zu fühlen. Daher ihr Sinnen auf Methoden, das Behalten des Erlernten, das Beweisen des Erfundenen, und das Erfinden des Unbekannten zu erleichtern. Bey dem Erfinden ist es schon ein gutes Hülfsmittel, daß man sicher ist, man werde in einem Gegenstande, über den man nachdenkt, nichts übersehen. Um nicht diese Gefahr zu laufen, hat man bereits seit langer Zeit alle möglichen innern und äußern Bestimmungen unter gewisse Klassen gebracht, die man seit dem Aristoteles unter dem Namen der Topik gesammlet hat. Der Mißbrauch, den man lange von dieser nützlichen Kunst gemacht hatte, hielt Leibnitzen nicht ab, sie als ein gutes Hülfsmittel des Meditirens zu schätzen. Und zu diesem Behuf schien sie auch Lamberten schätzbar. Er machte selbst einen Abriß von einer Topik unter der Aufschrift: *De Topicis Schediasma* (in den *Act. Er. Lipſ.* 1768. S. 12. u. ff.) bekannt, der vielleicht noch Vermehrungen zuläßt, aber auch schon, wie er ist, mit Nutzen kann gebraucht werden.

Wie viel hat also nicht die Vernunftlehre dem scharfsinnigen Lambert zu verdanken, wenn man auch nur seine Verdienste um dieselbe nach dem beurtheilen will, was mir der Raum anzuführen erlaubt hat! Gleichwohl darf ich es wiederholen, daß ihm die Lehre von der Verbindung der Begriffe mehr zu verdanken habe, als die Lehre von der Auflösung derselben. Wenn daher sein neues Organon und seine Architektonik, in Ansehung der Erstern, mehr geleistet, als man beynahe von Einem Manne erwarten konnte, so bleiben doch beyde in Ansehung der Letztern, destomehr zurück. Es läßt sich nicht ohne einige Weitläuftigkeit auseinander setzen, daß man seinen Grundsätzen und Methoden, wonach er die Begriffe der Philosophie bearbeitet, den Weg ansehen könne, auf dem er,

wie wir nach seinem eignen Berichte bereits bemerkt haben, zu der speculativen Philosophie gekommen.

Man kann es sich daraus erklären, wie ihm Lockes einfache Begriffe gefallen konnten, von denen er sowohl in seiner Alethologie, als auch in seiner Architektonik ausgeht. Wenn diese dem Naturkundiger als einfache Begriffe genügen können, so kann die spekulative Philosophie doch noch nicht dabey stehen bleiben; sie findet noch Undeutlichkeit in denselben, sie sind ihr noch nicht rein genug, und sie ahndet in denselben eine Auflösbarkeit, die reinere Begriffe voraussetzt.

Vielleicht ist die Methode die Begriffe zu bestimmen, deren sich Lambert bedient, und die das Studium seiner Architectonik auch einem eifrigen und geübten Freunde der Philosophie oft so schwer und mühsam macht, aus eben der Quelle herzuleiten. Diese Methode besteht darinn:

Erstlich: Sucht er gemeiniglich einen Begriff in dem Besonderen auf; auch oft dann, wenn bereits nicht bloß der philosophische, sondern sogar oft der gemeine Sprachgebrauch das Wort, das ihn bezeichnet, verallgemeinert hat. Das ist ein Umweg, der ohne Noth ermüdet.

Zweytens: Wo ein transscendentaler Begriff leichter im Außersinnlichen könnte angeschauet werden, fängt er doch mit der Bestimmung desselben bey dem Sinnlichen an; wenn uns die Beobachtung der Seele näher darauf führen würde, fängt er doch an, ihn erst in den Erscheinungen der Körperwelt aufzusuchen. Daher

Drittens: Erörtert er oft die Etymologie eines Wortes, um einen Begriff zu finden, der bereits ist transscendental geworden, indeß er freylich in der ursprünglichen Bedeutung des Wortes in dem Besondern und Sinnlichen eingewickelt liegt.

Man kann die Beyspiele, womit sich diese Bemerkungen beweisen ließen, außer seiner Architektonik, auch in einer Abhandlung finden, die unter der Aufschrift: *Observations sur quelques Dimensions du Monde intellectuel*, in der *Hist. de l'Ac. des Sc. de Berlin, année 1768.* steht. Die Begriffe des Erhabenen, Tiefsinnigen u. s. w. die er darinn aus der Körperwelt entwickelt, sind bereits durch den Sprachgebrauch verallgemeinert, und das, was er auf die-

sem Wege von denselben entdeckt, ist bereits leichter aus den Begriffen selbst hergeleitet worden.

Diese wenigen Anmerkungen können vielleicht die Vergleichung des Genies und der Verdienste Lamberts um die philosophischen Wissenschaften erleichtern. Nie hat er die Spur Eines Vorgängers allein betreten, und da, wo er eine betreten, hat er zu Aussichten geführt, die er selbst zuerst entdeckt hat. Indem er Bakons Erfahrungsmethode mit neuen Anmerkungen bereicherte, und Locken in der Aufzählung der einfachen Ideen folgte: so vernachläßigte er zugleich die Syllogistik nicht, die beyde verachtet hatten, so zeigte er den Nutzen der identischen Sätze, die Locke verschrieen hatte; indem er aber die Syllogistick mit dem Aristoteles und Wolf in ihrem Ansehen erhielt, so erweiterte er sie zugleich mit Bemerkungen, die ihre Anwendung erleichterten und ihren Nutzen in einem schönern Lichte zeigten.

Anzeige des Inhalts.

I. Theil. Vom Feuer und Wärme überhaupt.

I. Hauptstück. Vorläufige Grundbegriffe — Seite 1
II. Hauptstück. Das Ausmeßbare bey Feuer und Wärme — 7

II. Theil. Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

I. Hauptstück. Von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme — 12
II. Hauptstück. Von der Ausdehnung anderer Materien durch die Wärme — 17
III. Hauptstück. Das Luftthermometer
1. Abschnitt. Vom Zusammendrücken der Luft durch äußere Gewalt — 21
2. Abschnitt. Von der Kraft der Wärme in der Luft — 26
3. Abschnitt. Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen — 30
IV. Hauptstück. Thermometer von andern flüßigen Materien
1. Abschnitt. Vorläufige Betrachtungen — 50
2. Abschnitt. Newtons Thermometer von Leinöhl — 56
3. Abschnitt. Fahrenheits Thermometer — 60
4. Abschnitt. Das *de l'Lisle*sche und einige andere Queckſilberthermometer — 62
5. Abschnitt. Thermometer von Weingeist — 63
6. Abschnitt. Einige benamte Thermometer von Weingeist — 80
7. Abschnitt. Von andern bisher gebrauchten Weingeistthermometern — 96
8. Abschnitt. Thermometer zu bestimmten Absichten — 105
9. Abschnitt. Einige Anmerkungen über die Gründe der Thermometer-Abtheilung — 107
V. Hauptstück. Hydrostatische Thermometer — 111
VI. Hauptstück. Von der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme. — 119
VII. Hauptstück. Thermometer von festen Körpern — 123
VIII. Hauptstück. Ausdehnung der Dünste durch die Wärme — 127

III. Theil. Von der Erwärmung und Erkältung der Körper.

I. Hauptstück Mittheilung der Wärme — 136
II. Hauptstück. Erwärmung und Erkältung in zusammengesetztern Fällen
1. Abschnitt. Erwärmung am Feuer und an der Sonne — 151
2. Abschnitt. Erwärmung eines Körpers durch einen andern — 166
3. Abschnitt. Erwärmung und Erkältung mehrerer Körper unter sich — 179
4. Abschnitt. Erwärmung mehrerer Körper am Feuer und unter sich — 184

Digitized by Google

IV. Theil. Von der Bewegung der Wärme.

I. Hauptſtück. Die Ausbreitung der Wärme , Seite 196
II. Hauptſtück. Das Zurückprallen der Wärme — 201
III. Hauptſtück. Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückprallen der Wärme. — 215
IV. Hauptſtück. Die Geſchwindigkeit im Fortgange der Wärme — 217
V. Hauptſtück. Bewegung der Wärme mit den Materien, worinn ſie ſich befindet — 225
VI. Hauptſtück. Das Aufſteigen der Wärme — 229

V. Theil. Von der Kraft der Wärme.

I. Hauptſtück. Die Kraft der Wärme mit den Zuſammenhangskräften der Körper verglichen.
1. Abſchnitt. Vorläufige Lehrſätze — 234
2. Abſchnitt. Anwendung auf die Kraft der Wärme — 243
II. Hauptſtück. Kraft der Wärme bey Miſchungen
1. Abſchnitt. Schmelzbarkeit gemiſchter Materien — 250
2. Abſchnitt. Wärme und Kälte, ſo bey Miſchungen entſteht — 261
III. Hauptſtück. Die Schnellkraft der Wärme — 266
IV. Hauptſtück. Stuffen der Wärme — 270

VI. Theil. Noch einige allgemeine Betrachtungen über die Ausmeſſung der Stärke, der Hitze und Menge der Feuertheilchen.

I. Hauptſtück. Grundbegriffe — 280
II. Hauptſtück. Anwendung auf einige Fälle — 284

VII. Theil. Von der Empfindung der Wärme.

I. Hauptſtück. Wärme menſchlicher und thieriſcher Körper — 292
II. Hauptſtück. Schätzung der Wärme nach der Empfindung. — 297

VIII. Theil. Von der Sonnenwärme.

I. Hauptſtück. Einleitung — 305
II. Hauptſtück. Menge der Sonnenwärme — 309
III. Hauptſtück. Die tägliche Sonnenwärme — 322
IV. Hauptſtück. Die jährliche Sonnenwärme überhaupt — 333
V. Hauptſtück. Einige Anmerkungen — 342
VI. Hauptſtück. Anwendung der Theorie auf Beobachtungen. — 345
VII. Hauptſtück. Vertheilung der Sonnenwärme unter der Erde — 356

Digitized by Google

Nachſtehende Druckfehler wolle der Leſer entſchuldigen und verbeſſern.

Seite 10 Zeile 24 ſträngſte, l. ſtrengſte
— 14 — 5 Jacob II, l. Jacob I.
— 16 — 29 Göricke, l. Gericke
— 25 — 20 dichtter, l. dichter
— 30 — 22 Luf, l. Luft
— 33 — 20 löſche man das Wort: die, einmal weg
— 35 — 23 Quneckſilber, l. Queckſilber
— 37 — 31 Barometerters, l. Barometers
— 38 — 10 E bis B, l. E bis D.
— 39 — 8 könne, l. können
— 47 — 7 ſteckte, l. ſtellte
— 52 — 8 von unten, allerdingſt, l. allerdings
— 54 — 4 von unten, hatte nach, l. hatte noch
— 71 — 1 inzwiſches, l. inzwiſchen
— 72 — 14 vor eigentlich, l. vor, ein eigentlich
— 79 — 16 ſey, l. ſeyn
— 83 — 10 + $2\frac{1}{3}$, l. + $2\frac{1}{8}$.
— 106 — 27 friedenden, l. frierenden
— 111 — 18 Materien, l. Materie
— 116 — 12 Inſtrument ſich in, l. Inſtrument in
— 125 — 4 Thermomometer, l. Thermometer
— 137 — 19 verlorne, l. verlohrne
— 146 — 7 von unten, flieſſig, l. flüſſig
— 149 — 22 Da man die, l. da man den
— 152 — 10 von unten § 274. l. §. 273.
— 153 — 5 ſcheint, l. ſchien
— 169 — 18 das Zeichen = muß vor dem Bruch gegen deſſen Mitte ſtehen
— 170 — 16 Aſymtote. Daß, l. Aſymtote, daß
— 181 — 20 einzeln, l. einzelnen
— 198 — 25 0,5, l. 0,6.
— 205 — 28 verſchiedener Weiſe, l. verſchiedener Weiße
— 209 — 19 nicht viel, l. nicht viel mehr
— 221 — 8 Thermomeetrr, l. Thermometer
— 226 — 2 von unten, nach M, l. nach P.
— 227 — 23 dem Bilde ∽, l. dem Bilde ∽
— 237 — 6 $40176\frac{2}{3}$, l. $40176\frac{3}{4}$.
— 254 — 4 von unten, fehlt nach E F der Haken)
— 259 — 5 von unten, ſieht mun, l. ſieht man
— 260 — 4 von unten, §. 472. 475. l. §. 472. 473.
— 273 — 11 von unten, eine brütende, l. einer brütenden
— 294 — 9 3, 87, l. 2, 87.
— 305 — 9 von unten, welcher Hälfte, l. welche Hälfte
— 313 — 22 in den Nordländern, wird weggelöſcht
— 315 — 10 von unten, 1,3180, l. 1,3179.
— 322 — 1 von unten, + ſc. ſc. coſw. dw. l. ſe. ſc. coſw. dw.
— 323 — 1 Die in dem, l. die in dem
— 328 — 10 dan 13ten, l. vom 13ten

Digitized by Google

Seite 344 Zeile 9 weil = viel, l. weil der viel
— 356 — 1 des §. 669., ſtatt feuerſpeyend, l. feuerſpeyenden
— —— — 4 deſſelben § löſche man das hinter dem Wort, wurde, unrichtig geſetzte Punctum weg
— 357 — 9 von unten, ſtatt Monat, l. Monate.

Nachricht an den Buchbinder.

In gegenwärtigem Werke ſind Sechszehn Quartblätter als fehlerhaft zerſchnitten, und dagegen richtiger von neuem gedruckt worden; der Buchbinder wolle ſich alſo die Mühe nicht verdrießen laſſen, jene durchaus zu verwerfen und an deren Stelle dieſe einzuſetzen.

Von den Kupfertafeln wird jede an ein Quartblatt weiß Papier gefügt, und dann ſämmtlich von Tab. I bis VIII. am Ende des Buchs, ganz zum Herausſchlagen, angebunden.

Digitized by Google

Pyrometrie

oder

vom Maaße des Feuers und der Wärme.

Erster Theil.

Vom Feuer und Wärme überhaupt.

Digitized by Google

Erſtes Hauptſtück.

Vorläufige Grundbegriffe.

§. 1.

Das innere Weſen der Körper bleibt uns, aller phyſiſchen und chymiſchen Unterſuchungen ungeachtet, noch ſehr verborgen. Zwar konnten die Vergrößerungsgläſer Hoffnung geben, die kleinſten Theile näher kennen zu lernen. Die dadurch gemachte Entdeckung, daß es kleine Kügelchen ſind, die dem Blute ſeine rothe Farbe geben, ſchien dieſe Hoffnung zu vermehren. Allein man fand doch weiter nichts, als daß die Natur im kleinen noch eben ſo zuſammengeſetzt iſt als im großen. Wo man Beſtandtheilchen zu finden hoffte, erblickte man kleine Thierchen, und war genöthigt den Schluß zu machen, daß man von dem, was man ſuchte, noch unendlich weit entfernt ſey. Die Figur der Beſtandtheile, die Art ihrer Zuſammenſetzung, die Kräfte, wodurch ſie in Verbindung erhalten werden, die daher rührenden Unterſchiede ihrer äußern Geſtalt, ihrer Härte, Zähigkeit, Flüßigkeit ꝛc. Alles dieſes ſind Dinge, die man anſtatt zu ſehen, errathen muß. Die Kunſt ſicher und richtig zu errathen, iſt aber noch nicht ſo weit gebracht, daß ſie ſich nicht oft mit dem vermenget, was man im Finſtern tappen heißt.

§. 2.

Dieſe Betrachtungen machen billig da den Anfang, wo von Feuer und Wärme die Rede iſt. Iſt das Feuer eine beſondere Materie? Iſt es vom Lichte verſchieden? Dieſes ſind längſt ſchon aufgeworfene Fragen, die man bald bejaht, bald auch verneint hat. In dieſer Abſicht iſt uns das Feuer ſo unbekannt, als die Beſtandtheilchen jeder anderer Körper. Es kömmt aber noch der Umſtand hinzu, daß das Feuer ſeine Wirkungen mehrentheils in den Körpern äußert. Und dieſe Wirkungen ſind ſo ſehr verſchieden, als es immer die Zuſammenſetzungsart der Körper ſeyn mag, und eben ſo ſehr ändern ſie ſich, wenn die Grade des Feuers verändert werden. Es iſt unſtreitig, daß um hierinn klar zu ſehen, das innere Weſen der Körper, ihre Beſtandtheile und Zuſammenſetzungsart näher bekannt ſeyn müßten. Da wir aber hievon noch weit entfernt ſind, ſo müſſen wir ebenfalls zum Errathen unſere Zuflucht nehmen. Und das iſt eine etwas mißliche

Sache. Denn ich verstehe eigentlich dadurch nicht das Annehmen willkührlicher Meynungen, wodurch sich etwa die eine oder die andere Wirkung erklären läßt, und wobey hingegen eine Menge anderer unerklärt bleiben, oder welches noch schlimmer ist, der angenommenen Meynung gerade zuwider sind.

§. 3.

Um jedoch einen Anfang zu machen, werde ich den Sprachgebrauch oder die Benennungen vornehmen. Das Wort **Wärme** hat verschiedene Bedeutungen, die näher angezeigt werden müssen. Einmal die Wärme so fern sie empfunden wird. In dieser Absicht geht sie uns sehr nahe an. Und da hier eigentlich vom **Maaße der Wärme** die Rede ist, so können wir so gleich die Benennungen anführen, womit die Empfindung der verschiedenen Stufen der Wärme die Sprache bereichert hat. Die **Wärme**, wobey wir uns am besten befinden, nennen wir gemäßigt oder temperirt. Unsere Empfindung ist dabey so viel als o. Ist die Wärme um so viel größer, so daß wir in der That Wärme als Wärme empfinden, so sagen wir, es sey **warm**. Nimmt die Wärme mehr zu, so heißt es, **sehr warm**. Ein noch empfindlicher Grad wird heiß oder auch schwül genennt. Diese Benennungen gehen das **Wetter** oder die **Luft** an. Bey dem **Wasser** gebrauchen wir die Benennungen, **lau, warm, heiß, siedend**. Und wenn es über einem gewissen Grad heiß ist, so fällt dessen Hitze außer das Bezirk unserer Empfindung der **Wärme**. Es kömmt noch die Empfindung eines Schmerzens hinzu, und eben dieser machet, daß sich niemand gern die Hand verbrühen läßt. Aehnliche Benennungen gebrauchen wir auch in Ansehung anderer Körper. So lange wir sie ohne Schmerzen berühren können, nennen wir sie **warm, sehr warm, heiß**.

§. 4.

Unserer Empfindung nach setzen wir der **Wärme** die **Kälte** entgegen, und zwar so, daß wir letztere als etwas eben so wirkliches und thätiges ansehen, als die erstere. In der That auch, wenn man bey großer Wärme schwitzet, so schaudert man hingegen bey strenger Kälte, und bey noch strengerer Kälte erstarret man, so wie man bey noch größerer Hitze gesengt und gebrennet wird. Alles dieses ist sehr wirklich. Es bezieht sich aber nur auf das was wir empfinden. Daraus aber läßt sich auf die Kälte an sich betrachtet kein Schluß ziehen. Denn nach unserer Empfindung zu schließen, müßten wir auch sagen, daß die Kälte brenne. Die Lateiner sagten es wirklich: Urunt montanae niues. Und dieses ist nicht ein verblümter Ausdruck. Man darf nur die Hände in Schnee halten bis sie anfangen recht roth zu werden, und dann in ein gewärmtes Zimmer gehen, wenn man das Brennen noch stärker empfinden will. Man sehe aber zu, daß die Haut nicht aufschrunde. Gewisse Ordensleute, die baarfuß im Schnee

gehen, ſtellen ihre Füße in kalt Waſſer, wenn ſie in ein Zimmer kommen, um eben dieſes Aufſchrunden zu verhüten.

§. 5.

Aus dieſen Bemerkungen folgt, daß was wir **warm** nennen, ſich fürnemlich auf unſere Empfindung beziehet, und zwiſchen dem Gemäßigten und Heißen die Mittelſtufen andeutet. Wir eignen die Wärme den Körpern zu, ſo fern wir ſie warm nennen. Und da wir finden, daß die Körper nicht für ſich warm, ſondern bald wärmer bald kälter ſind, ſo ſind wir auch längſt ſchon gewöhnt, den Urſprung der Wärme außer ihnen zu ſuchen. Da finden wir dann zwo kräftig wirkende Urſachen, nemlich das **eigentliche Feuer** und das **Sonnenlicht**. Indeſſen giebt es bey genauerm Nachforſchen noch einige andere Urſachen, die etwas eigenes haben. Man fand, daß wenn Metalle gehämmert oder auch gefeilt werden, ſie ſich erhitzen. Eben ſo auch kann durch ſtarkes Reiben Holz in Flammen gerathen. Wiederum fand ſich, daß beym Gähren des Weins und des Biers Wärme entſteht. Endlich giebt es auch Materien, die bloß dadurch, daß ſie vermiſchet werden, ſich erhitzen. Auf dieſe Art wird Wärme und Feuer herfürgebracht, wo vorhin keine war, wenigſtens keine zu ſeyn ſchien. Allerdings ein Anlaß genauer nachzuforſchen, aber auch ein Anlaß die Kenntniſſe noch verworrener zu machen. Es klingt außerordentlich, wenn jemand ſich des Kunſtſtückes rühmet, daß er auf dem warmen Ofen Waſſer in Eis verwandeln könne. Das heißt Kälte finden, wo lauter Wärme iſt. Und doch geht die Sache an. Ferner gießt man Scheidwaſſer auf Eiſen, ſo brauſet es mit Hitze auf. Gießt man eben das Scheidwaſſer auf Schnee, ſo wird er noch merklich kälter. Bey Verſuchen von dieſer Art wird man leicht zu dem Geſtändniſſe gebracht, daß uns Wärme und Kälte noch ſehr unbekannte Dinge ſind.

§. 6.

Indeſſen ſind dieſe Dinge nur beziehungsweiſe unbekannt. Die Wärme und Kälte als **Empfindung** betrachtet, iſt ein Begriff der in ſeiner Art eben ſo klar iſt, als immer die Begriffe von Licht und Farben ſeyn mögen. Das Feuer zeigt ſich uns in Geſtalt der Flamme oder glühenden Kohlen ſichtbar. Daß es nach Maaße ſeiner Größe und Entfernung ſtärker oder ſchwächer wirke, giebt uns ebenfalls die unmittelbare Empfindung an. Ohne gebrennt zu werden dürfen wir keinem Feuer zu nahe kommen. Wir folgern richtig daraus, daß es in größerer Nähe noch heißer ſeyn müſſe. Daß die Wärme oder auch die Hitze des Feuers ſich den Körpern, ſo in deſſen Nähe ſind, mittheilt, ſchließen wir daraus, daß wir ſie bey dem Berühren wärmer finden, als ſie vorhin waren. Wir finden eben ſo, daß ſie gleiche Grade von Wärme ſchneller erhalten, wenn ſie näher beym Feuer ſind, oder auch wenn bey gleichem Abſtande das Feuer größer iſt. Wie-

Digitized by Google

derum finden wir, daß die am Feuer erwärmten Körper die erlangte Wärme verlieren, so bald sie vom Feuer weggenickt werden. Aehnliche Erfahrungen giebt uns auch das Sonnenlicht. Endlich lehrt uns die gemeine Erfahrung, daß nicht jedes Holz gleich gut brennt, das will sagen gleiche Hitze giebt, und daß man seine Hitze durch Anblasen verstärken kann.

§. 7.

Es besteht nun aber die Wirkung des Feuers in den Körpern nicht schlechthin nur darinn, daß es sie wärmer macht. Bey geringer Wärme fällt zwar kein anderer Unterschied merklich in die Augen, als etwa der, daß nasse Körper austrocknen. Aber bey stärkerer Erhitzung wird die Wirkung desto merklicher. Besonders verändert sich die Härte oder Festigkeit der Körper sehr dabey. In siedendem Wasser wird ein Ey hart, währenddem Butter, Talk, Fett ꝛc. zerrinnen. Ziegelsteine müssen erst im Feuer ihre Härtigkeit erhalten, da hingegen Kalksteine zu Pulver werden, Holz zu Asche brennt, und Metalle schmelzen. Veränderungen von dieser Art haben etwas Gewaltsames. Und eben daher kömmt es, daß wir uns in dem Feuer Kräfte gedenken, die solchen Zerstörungen angemessen sind. So stark aber diese Kräfte seyn mögen, haben sie dennoch ihre Schranken. Gold und Silber wird zwar im Feuer flüßig, und die fremdartigen Theile brennen daraus weg. Aber die Theile, die eigentlich Gold und Silber sind, läßt das Feuer unzertrennt, da es hingegen andere Metalle in Kalk und Glas verwandelt. Einige Körper halten unversehrt die Hitze des heftigsten Feuers aus. Die meisten aber werden so verändert, daß man sie nicht mehr kennt. Alle diese Wirkungen sind nun so wohl den Graden als der Zeit nach sehr verschieden. Daß ferner das Schießpulver etwas ganz eigenes habe, wenn es angezündet wird, ist eine allzubekannte Sache, als daß ich sie umständlicher anzeigen sollte.

§. 8.

Zu dem, daß die Wärme aus wärmern Körpern in kältere übergehe, kommt noch ein anderer Umstand, nemlich daß sie sich leichter aufwärts als unterwärts bewegt. Das Aufsteigen der Flamme fällt in die Augen. In kochendem Wasser steigen mit der Wärme eine Menge Blasen auf. Hält man die Hand in gleicher Entfernung über, unter oder neben einen stark erhitzten Körper, so wird der Unterschied der Wärme leicht empfunden. Ein Eisen, so nur am einen Ende heiß ist, wird es bald auch am andern, wenn dieses gerade über jenem aufwärts gehalten wird.

Zweytes Hauptstück.

Das Ausmeßbare bey Feuer und Wärme.

§. 9.

Das bisher Gesagte ist größtentheils aus der gemeinen Erfahrung, und ohne viele Umstände angeführt. Man sieht aber schon daraus, daß wenn alles genauer bestimmt werden soll, genug dabey auszumessen und zu berechnen vorkömmt. Verschiedenes ist bereits angezeigt. Ich werde nun aber, ohne sogleich mehr anzugeben, wiederum den Sprachgebrauch, und zwar dieses Mal den griechischen mit zu Rathe ziehen. Die Sprachen sollten eigentlich so eingerichtet seyn, daß die Zusammensetzung ihrer Theile oder Wörter allemal richtig zusammengesetzter Begriffe angebe, so oft jene den Regeln der Sprache gemäß ist, daran fehlt aber viel. Indessen soll es wenigstens daran nicht fehlen, daß sich nach Art der Zusammensetzung der Begriffe auch Wörter zusammen setzen lassen, und dieses geht nun hier im Griechischen mit einer recht bündigen Kürze an. Ich habe das Wort Pyrometrie bereits zur Aufschrift dieses Werkes gewählet. Nun mögen noch die Wörter Pyrostatic, Pyraulic und Pyrodynamic erscheinen, und wegen gewisser Unterschiede mag die Thermometrie der Pyrometrie entgegen oder zur Seite gesetzt werden.

§. 10.

Diese Namen könnten nun ganz gut Ueberschriften von eben so vielen Hauptheilen der Pyrometrie abgeben. Und dann ließen sich noch die Pyrobolic und die Pyrotechnic in ihrer allgemeinsten Bedeutung mitnehmen, und etwann auch noch die Pyrophorie, Pyrurgie, Pyronomie ꝛc. beyfügen. Ich gedenke aber der Ordnung des Vortrages, so daher entstehen würde, nicht zu folgen. Sie geht mehr auf Worte als auf Sachen. Indessen wird es nicht undienlich seyn, die Bedeutung und den Umfang dieser Benennungen hier etwas näher zu betrachten. Oft können auch Worte auf Sachen führen, und von Rechtswegen sollte es immer seyn.

§. 11.

Wir haben bereits gesehen, daß sich bey Feuer und Wärme Kräfte gedenken lassen. Bey Kräften kann ein Gleichgewicht vorkommen; und dieses leitet ganz ungezwungen auf etwas statisches. In so fern läßt sich also eine Pyrostatic gedenken. Was der Kraft des Feuers oder der Wärme das Gleichgewicht hält, ist eben deswegen auch eine Kraft, weil nur gleichartige Dinge einan-

Digitized by Google

der gleich geſetzt werden können. Eigentlich iſt die Sache umgekehrt; denn gerade aus dieſer dem Feuer widerſtehenden Kraft ſchließen wir, daß auch das Feuer eine Kraft habe, und zwar ſo, daß nicht bloß die Kraft zu erwärmen dadurch verſtanden werden müſſe, wiewohl das Erwärmen auch mit dabey vorkömmt. Gemeiniglich iſt das, was dem Feuer als Kraft entgegen wirkt, die bereits (§. 7.) erwähnte Härte und Feſtigkeit der Körper, und fürnemlich bey ſolchen Körpern, die beym Erhitzen weich und flüßig werden, oder in Kalk und Aſche zerfallen. Nun läßt ſich ein Körper ohne angewandte Kraft nicht in Theile zerfällen. Da aber das Feuer die Körper theilt, oft auch zerſprenget, ſo wird demſelben allerdings mit Recht die dazu erforderliche Kraft beygelegt.

§. 12.

Das Feuer oder die Wärme als Kraft betrachtet, kann nun auch mit ſich ſelbſt im Gleichgewichte ſeyn, und iſt es, ſo oft ein Körper, indem es ſich befindet, in allen Theilen gleich warm oder heiß iſt. Man nehme nun den bereits (§. 6.) erwähnten Umſtand mit, daß die Wärme aus dem Körper weggeht, wenn er ſich an einem kältern Orte befindet, ſo folgt auch, daß das Feuer in einem Körper kein dauerhaftes Gleichgewicht hat, dafern nicht der Körper gerade eben ſo warm iſt, als der Ort, wo er ſich befindet. Durch den Ort verſtehe ich hier jeden beliebigen Ort, es mag in der Luft, im Waſſer, in andern Körpern, oder ſelbſt auch im luftleeren Raume ſeyn. Denn die Verſuche mit der Luftpumpe haben längſt ſchon dargethan, daß die Wärme keinen Abſcheu vor dem leeren Raume hat.

§. 13.

Dieſes Gleichgewicht der Wärme in verſchiedenen Körpern und außer denſelben hat allem Anſehen nach eben die Beſchaffenheit, wie das Gleichgewicht flüßiger Materien von ſchwererer und leichterer Art. In gebogenen Röhren hält eine Säule von Queckſilber einer 14 mal höhern Säule von Waſſer das Gleichgewicht, und es iſt dabey gleich viel, ob die Röhre durchaus einerley Weite hat oder nicht. Eben ſo iſt in einem größern Körper eine größere Menge von Wärme; an ſich aber wird dadurch die Wärme nicht ſtärker. Und ſo kann auch in Körpern von verſchiedener Dichtigkeit bey gleich ſtarker Wärme eine größere oder kleinere Menge von Wärme ſeyn. Hierüber entſcheidet die gemeine Erfahrung nicht viel. Man findet zwar Körper, die bey gleicher Größe, gleiche Grade von Wärme geſchwinder annehmen als andere. Ob aber in gleicher Zeit gleiche Menge von Wärme ſich hineinzieht, das bleibt dahin geſtellt und muß durch beſondere Verſuche erörtert werden. Ich führe es hier als eine an ſich nicht unwahrſcheinliche Sache an, um die Aehnlichkeit zwiſchen der Pyroſtatic und Hydroſtatic mehr aufzudecken. Man ſieht ohne Mühe, daß dieſes letztere Wort

das

das erstere veranlaßt hat. Der Unterschied ist nur, daß da die Hydrostatic dem Wortverstande nach das Wasser betrifft, und nach und nach auf andere flüßige Materien ausgedehnt worden, die Pyrostatic ganz füglich sich auf Feuer und Wärme einschränkt, und folglich beym eigentlichen Sinn des Wortes bleiben kann.

§. 14.

Uebrigens entsteht bey dem Worte Pyrostatic ganz ungezwungen die Frage von der Leichtigkeit oder Schwere des Feuers. Ich finde in Schwenters Erquickstunden, daß der französische Verfasser, dem er gefolgt ist, ein Mittel das Feuer abzuwägen vorgeschlagen, worauf aber Schwenter wenig hält. Man soll nemlich das Holz wägen, ehe man es anbrennt, und dann die Asche, nachdem es verbrennt worden. Dadurch wird man allerdings finden, wie viel in Dampf, Rauch und Ruß davon gegangen. Dieses aber müßte auch gewogen werden; dann würde erst die Frage seyn, ob das Gewicht des Feuers etwas betrage, das sich mit der Wage schätzen läßt. Das Feuer ist leichter als die Luft, selbst wenn diese sehr verdünnt ist. Man begreift daher, daß wenn ein glühendes Eisen mehr wägen sollte, als nachdem es wieder erkaltet ist, dasselbe sehr groß seyn müßte, und dann würde die Wage kaum so viel Ausschlag geben, als der Unterschied austrägt. Mit den chymischen Versuchen, wodurch man gefunden, daß Metallkalche schwerer sind, als die Metalle woraus sie gezogen worden, sieht es ebenfalls mißlich aus, wenn man dadurch beweisen will, daß das Uebergewicht von dem im Kalche zurückgebliebenen Feuer herrühre.

§. 15.

Der Aus- und Einfluß des Feuers in den Körpern ist ein Umstand, welcher das Wort Pyraulic an sich schon rechtfertiget. Die Pyraulic ist in so fern die Wissenschaft von der Bewegung und dem Durchflusse des Feuers. Diese entsteht allemal bey aufgehobenem Gleichgewichte der Kräfte des Feuers in und außer dem Körper oder auch in verschiedenen Theilen desselben. Im engern Verstande mag die Pyraulic auch die Leitung des Feuers durch Röhren andeuten, und in so fern kommen z. E. die Camine, Windöfen, Schorsteine, chymische Zugöfen, auch wohl die Reverberir oder Prallofen in Erwägung. Auch auf Feuerheerden wird oft die Flamme unter mehrern Töpfen durchgezogen, und in Gewächshäusern werden durch solche Züge oft die Böden ganz gewärmt. In Bädern giebt es auch Fälle, wo das warme Quellwasser in langen Röhren nach dem Badhause geleitet wird, und da muß mit dem Wasser zugleich auch dessen Wärme fortgeleitet werden. Das will sagen, man müsse eine solche Einrichtung treffen, daß das Wasser unter Weges nicht erkalte.

Digitized by Google

§. 16.

Die Pyrodynamic betrifft überhaupt die Kräfte des Feuers, sofern dadurch Veränderungen in den Körpern herfürgebracht werden. Das durch Kunst verstärkte Sonnenfeuer, die Kraft des Feuers im Schießpulver, die Verstärkung seiner Kraft durch Einschließen und Ablasen, das Ausglühen, Schmelzen, Brennen, Verkalken der Körper im Feuer, die Dampfkugeln, die Schnellkraft der Dünste ꝛc. Alles dieses kömmt hiebey auf mehrerley Arten in Betrachtung. Kraft, Raum, Maße und Zeit werden verschiedentlich mit einander verglichen, da der Erfolg sehr beträchtliche Unterschiede zeiget. Glas, Holz und Steine springen, wenn sie zu schnell dem Feuer ausgesetzt werden. In andern Fällen, wie z. E. beym Schießpulver, und oft auch beym Löthen und Zuschmelzen wird eine schnelle Wirkung verlangt, so wie hingegen es auch viele Fälle giebt, wo eine gemäßigte aber anhaltende Kraft des Feuers die verlangte Wirkung thut. Die Kochkunst giebt beym Kochen, Rösten, Braten ꝛc. eine Menge von Beyspielen, und man findet solche in allen Fällen, wo die durch das Feuer herfürzubringende Wirkung nur bis auf einen bestimmten Grad gehen soll.

§. 17.

So fern das Wort **Wärme** seine Bedeutung nur auf diejenigen Grade erstrecket, die von uns ohne Schmerzen empfunden werden können, kommt die **Thermometrie** vor. Im engern Verstande aber kann das **Maaß der Wärme nach dem Urtheile unserer Empfindung** dadurch angedeutet werden. Die gemeinen Thermometer sind von ihrer ersten Erfindung an dazu eingerichtet worden. Ihre Stuffenleiter gieng vom stärksten Winterfroste bis zur stärksten Sonnenwärme, und noch dermalen werden die Grade strängste Kälte, sehr kalt, kalt, gemäßigt, warm, sehr warm, große Hitze oder andere gleichgeltende beygeschrieben. Sie beziehen sich offenbar auf unser Urtheil von dem Zustande der Luft; denn was hiebey große Hitze heißt, ist eine Hitze, worinn glühendes Eisen sehr stark erkälten kann.

§. 18.

Die **Pyrobolic** und **Pyrotechnic** sind besondere Anwendungen der Pyrometrie, so fern sie zur Geschützkunst und Feuerwerkerey gehören. Das Feuer an sich wird nicht geworfen, wohl aber brennende und glühende Körper. Denn man findet überhaupt das was eigentlich Feuer ist, nie allein, sondern immer mit Körpern und andern Materien verbunden. Die reinste Flamme ist doch nur ein brennender Dampf. Im allgemeinern Verstande wird Pyrotechnic so viel als die Kunst bedeuten, mit Feuer umzugehen, und in so fern erstreckt sie sich sehr weit, und eben so weit wird sich auch die Pyrurgie erstrecken. Sofern man endlich auf die Gesetze sieht, nach denen das Feuer in seinen Wirkungen sich rich-

Digitized by Google

tet, läßt ſich die Pyronomie oder Pyronomie gedenken, welche zugleich auch die ſogenannten Feuerordnungen in Städten unter ſich begreift. Endlich habe ich auch (§. 10.) der Pyrophorie Erwähnung gethan. Dieſe mag insbeſondere die Behältniſſe des Feuers nebſt der Kunſt es lange aufzubewahren und zu erhalten anzeigen.

§. 19.

Da die Sonne eine unerſchöpfliche Quelle von Wärme iſt, die ſie dem Planeten und Cometenſyſtem um ſich herum mittheilt, und beſonders auf unſerer Erde die Abwechſelungen der Jahrszeiten und ihrer Witterung herfürbringt, ſo verdient dieſes in der Pyrometrie eine beſondere Unterſuchung, die ſich durch Pyrometeorologie benennen läßt.

§. 20.

Wenn es alſo nur auf Namen ankommt, ſo haben wir hiemit einen guten Vorrath geſammlet, und zwar ſolche, die einen beträchtlichen Umfang in der Bedeutung haben, und eben ſo viele einzelne Theile der Pyrometrie abgeben könnten. Eigentlich aber dienen ſie beſſer zu einer bloßen Pyrologie oder Pyroſcopie. Denn die Ordnung des Vortrages würde mehr für das Gedächtniß als für den Verſtand eingerichtet werden, und mehr eine Erklärung von Wörtern als von Sachen ſeyn. Bey dieſem Vorrathe von Namen bleibt die Sache ſelbſt noch ſehr unbekannt. Wir müſſen, um dieſe näher kennen zu lernen, tief ins innere der Körper eindringen. Denn dort finden wir die Werkſtätte, wo das Feuer ſeine mehreſten und gröſten Wirkungen herfürbringt. Mit dieſem Eindringen in das innere der Körper geht es nun nicht ſo geſchwinde zu. Es ſetzt viele vorläufige Kenntniſſe voraus, und mehrentheils müſſen wir erſt aus den äußern, in die Sinne fallenden Wirkungen ſchließen, wie es inwendig beſchaffen ſeyn müſſe, damit ſolche äußere Wirkungen ſtatt finden können. Dieſe müſſen uns daher im Voraus erſt bekannt ſeyn. Man ſieht ohne Mühe, daß hiedurch die Ordnung des Vortrages beſtimmt wird.

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Zweyter Theil.

Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Erstes Hauptstück.

Von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme.

§. 21.

Ich habe bereits (§. 14.) angemerkt, daß das Feuer nirgends allein vorkömmt, sondern immer mit andern Materien verbunden ist. Die Scheidekünstler, denen es in allewege daran gelegen ist, das Feuer und dessen Wirkungen genau zu kennen, finden, daß in verbrennlichen Körpern ein gewisses brennbares Wesen, Phlogiston ist, welches wenn es durch das Brennen aus den Körpern weggeht, nichts als eine feuerfeste Asche, und in dieser mehrentheils ein feuerfestes Laugensalz zurücke läßt. Dieses Phlogiston ist wohl nicht das Feuer selbst, aber es scheint mit demselben, um mich des chemischen Ausdrucks zu bedienen, die größte Verwandschaft zu haben. Es befindet sich vorzüglich im Fette oder öhlichten Materien, und mittelst solcher kann es besonders den eingeäscherten Metallen dergestalt wieder gegeben werden, daß sie wiederum ihre Flüßigkeit und metallische Form erhalten.

§. 22.

Die Schwürigkeit das Feuer oder auch das Phlogiston rein zu erhalten, und es seiner Menge und Stärke nach unmittelbar auszumessen, verursacher, daß

man auf andere Mittel bedacht seyn muß, diesen Zweck zu erhalten. Dieses geht nun an auf so vielerley Arten man in den Wirkungen des Feuers etwas ausmeßbares findet, welches mit der Kraft oder der Menge des Feuers ab- und zunimmt. Es versteht sich, daß man am besten verfährt, wenn es sich zuträgt, daß beydes in gleicher Verhältniß geschieht. Denn in andern Fällen muß die Ungleichheit erst durch Rechnung und behörige Einrichtung der Stuffenleiter gehoben werden.

§. 23.

Der erste, der auf so was verfiel, ist Cornelius Drebbel von Alkmar aus Nordholland. Er war, so viel man in der alkmarschen Chronik findet, daselbst im Jahr 1572 gebohren. Seine in früher Jugend sich äußernden Verstandesgaben veranlaßten seine Eltern ihm eine nicht gemeine Erziehung geben zu lassen. Sein vornehmster Hang gieng auf mechanische und chymische Kentnisse, und hierinn besonders auf das Erfinden neuer Kunststücke und Geheimnisse. Dadurch kam er mit mehrern Gelehrten in Bekanntschaft. Die Erfindung der immerwährenden Bewegung gehört mit unter die Absichten, die er sich vorsetzte. Er suchte sie theils in chymischen Vermischungen, theils auch in noch bis dahin unbekannten Kräften der Natur. Es mag dahin gestellt bleiben, ob die längst bekannten Dampfkugeln (Aeoli pilae) oder andere Versuche ihm Anlaß gegeben haben, zu finden, daß die Luft durch die Wärme sehr merklich ausgedehnt wird, und in der Kälte sich wieder zusammen zieht, und besonders, daß schon die Kraft der Sonnenwärme hinreichend ist, die Luft dergestalt auszudehnen, daß dadurch allerley beliebige Bewegungen hervorgebracht werden. Ich finde in Harsdörfers Fortsetzung der Schwenterschen Erquickstunden S. 399. daß Drebbel im Jahr 1607 zu Alkmar ein Buch von der immerwährenden Bewegung herausgegeben. Aus demselben führt Harsdörfer Drebbels Bittschreiben an Kaiser Rudolph II. an. Drebbel war zu Prag unverschuldeter Weise in Gefangenschaft gerathen, und die kaiserlichen Räthe gaben ihm, um seine Befreyung zu erhalten, ohne die vom Schloßhauptmann geforderten 100 Thaler erlegen zu müssen, den Anschlag, seine Kunststücke dem Kaiser vorzutragen, welches er auch that. Darunter kömmt nun ein Clavicymbel mit zween Thürflügeln und mehrern Bildern vor. Diese Thürflügel, oder wie er sie nennet, Vorhänge und Teppiche sollen sich, so bald die Sonne darauf scheint, von selbst eröffnen und eine liebliche Musik sich hören lassen. Wenn aber die Sonne untergeht oder sich hinter Wolken verbirgt, soll die Musik aufhören und die Gardinen und Teppiche sich schließen. Nach dem Oefnen kömmt auch Neptun und Phoebus mit ihrem Gefolge herfür. Ein Springbrunn läßt das Wasser beständig aus zwo Röhren springen, und wenn die Sonne darauf scheint, springt das Wasser aus 100 Röhren ꝛc. Auch ist noch ein Glas dabey, worinn das

Digitized by Google

Wasser von selbst in Zeit von 24 Stunden und ungefähr 40 Minuten zwey Mal steigt und fällt, so daß es statt einer Uhr Stunden und Viertel des Tages richtig anzeigt. Diese Bewegungen erfolgen auch, wenn man mit der Hand das Glas berühret. Von allem diesem sagt Drebbel, daß der König von England (Jacob I.) und viele tausend Menschen wirkliche Proben gesehen haben.

§. 24.

Ich führe diese Umstände mit Vorbedacht an. Drebbel wird gewöhnlich als ein Bauer aus Nordholland beschrieben, und höchstens von ihm gesagt, daß er sinnreich gewesen, und die Vergrößerungsgläser und das sogenannte Drebbelsche Thermometer erfunden. Allenfalls stellt man ihn noch als einen wunderlichen und geheimnisvollen Menschen vor, der aus seinen Sachen allzu viel Wesens macht, nichts eröffnet, und sehr verworren urtheilet, wie man es aus seinem Buche von der Natur und Eigenschaft der Elemente, welches von Zeit zu Zeit wieder aufgelegt worden, ersehen könne. Ich finde in diesen Beschuldigungen eben nichts besonders. Die Wißbegierde, und zumal die nach verborgenen Dingen, war immer eine große Triebfeder, viele Versuche und mit diesen auch wahre Entdeckungen zu machen. Man nehme ferner die Naturlehre, so wie sie im Anfange des vorigen Jahrhunderts war. Man verbinde damit die damaligen chymischen, oder eigentlicher zu reden, alchymistischen Lehrbegriffe, so wird man ohne Mühe begreifen, daß es in Drebbels Kopfe nicht sehr helle aussehen konnte. Indessen hatte er vor manchem damaligen und nachfolgenden Lehrer der Naturkunde den Vorzug, daß er seine Grübeleyen durch wirkliche Versuche auf die Probe setzte. Daß solche Proben auch zuweilen glücklich ausfielen, erhellet schon daraus, daß die Vergrößerungsgläser und sein Thermometer mit darunter gehöret haben. Er blieb nicht unbekannt. Borel der damalige holländische Gesandte am englischen und französischen Hofe, nennte ihn seinen Freund. Bey dem König Jacob I. in England war er sehr angesehen. Kaiser Ferdinand II. gab ihn seinem Prinzen zum Lehrer, und als er 1620 von den pfälzischen Kriegsvölkern mit andern Personen des Kaiserlichen Hofstaates gefangen war, wurde er auf Vorsprache des Königs von England und der Generalstaaten frey gemacht und nach London geschickt, wo er 1634 starb.

§. 25.

Dieses ist es, was ich von Drebbeln habe vorfinden können. Die Erfindung seines Thermometers, oder eigentlicher zu reden, der durch die Wärme zu bewirkenden sehr starken und kräftigen Ausdehnung der Luft fällt auf den Anfang des vorigen Jahrhunderts. Jacob I. gelangte 1603 zur Englischen Krone. Drebbels Buch kam 1607 heraus. Binnen diesem Zeitraume war Drebbel zu London und zu Prag. Sein Clavicymbel ist auch nicht die Er-

Digitized by Google

ſindung, die man in einigen Stunden machen und zu Stande bringen kann. Es gehört Zeit dazu. Und damit läßt ſich die Epoche ganz wohl vor das Jahr 1603, das will ſagen vor das 31te Lebensjahr Drebbels ſetzen. Man ſchreibt die Erfindung des Drebbelſchen Thermometers auch einigen Italienern, dem Galilei und ſelbſt auch dem in der Staatsgeſchichte berühmten Fra Paolo Sarpi zu; und Sanctorio giebt ſich ſelbſt auch für den Erfinder aus. In Anſehung des Fra Paolo iſt es vermuthlich, daß er durch ſeinen Briefwechſel zuerſt Nachricht von der Erfindung erhalten, und daß ſie durch ihn in Italien bekannt geworden. Dem Galilei wird ſie nur von Viviani ſeinem Lehrlinge und größten Verehrer zugeſchrieben. Vielleicht mag Galilei Verbeſſerungen an der Erfindung gemacht haben. Und eben dieſes mag auch in Abſicht auf den Sanctorius ſtatt finden. Denn es iſt bekannt genug, daß Drebbels Thermometer ſo ganz nicht das war, was es ſeyn ſollte, ungeachtet Drebbel den Grund davon gut zu gebrauchen wußte. Robert Fludd, welcher unter allen am meiſten Weſens daraus machte, und nicht wie Drebbel, mechaniſche Kunſtſtücke, ſondern Geheimniſſe dahinter fand, giebt vor, er habe die Erfindung in einem wenigſtens 500 Jahr alten Manuſcripte gefunden. Das mag ſeyn. Nur mußte auch bewieſen werden, ob Drebbel das Manuſcript geſehen habe oder nicht. An ſich könnte die Erfindung ſehr alt ſeyn, ſo wie es die Dampfkugeln ſind, die ſchon Vitruv als ſehr bekannt und zum Anblaſen des Feuers gebräuchlich anführt und beſchreibt. Daß Schweins- und anderer Thiere Blaſen und ſo auch die Fiſchblaſen in der Wärme ſich ausdehnen, beym Feuer mit Knallen zerplatzen, daß eben dieſes auch bey Caſtanien geſchieht, wenn man ſie unaufgeſchnitten ins Feuer legt, das ſind allem Vermuthen nach ebenfalls längſt bekannte Dinge. Indeſſen iſt von da an bis zum Drebbelſchen Thermometer ein Schritt zu thun, der nicht ſogleich wirklich gethan worden, als man ihn hätte thun können.

§. 26.

Wie Drebbels Thermometer mag ausgeſehen haben, iſt mir unbekannt. Vermuthlich war es eine gläſerne Kugel mit einem langen Halſe. Durch die Wärme der Hand dehnt ſich die Luft in der Kugel aus, und wird zum Theil herausgetrieben. Wird dann die Röhre im Waſſer geſtellt, und die Hand von der Kugel weggezogen, ſo ſteigt das Waſſer in die Röhre bis auf eine gewiſſe Höhe, und bleibt ſo, bis die Wärme der äußern Luft ſich ändert. Dieſe Einrichtung iſt die einfachſte von allen und vermuthlich die erſte. Man fand bald, daß gefärbtes Waſſer, rother Wein, Scheidwaſſer, womit Kupferplatten geätzet worden, und welches dadurch eine grüne Farbe erhalten, gefärbter Brantewein oder Weingeiſt ſichtbarer war, und ſtatt des klaren Waſſers mit Vortheil gebraucht werden konnte. Man fand eben ſo, daß es viel auf die Verhältniß von der Weite der Kugel und der Röhre ankomme, wenn das Werkzeug empfindlich ſeyn ſollte. Anſtatt

Digitized by Google

die Röhre in ein Gefäß mit Wasser zu stellen, bog man sie um und ließ eine oben offene Kugel daran blasen, worein das Wasser oder die flüßige Materie gegossen werden konnte. Dadurch erhielt man, daß das Instrument sich bequemer herum tragen ließ. In den *Récréations Mathematiques*, welche Schwentern zur Grundlage seiner Erquickstunden gedient haben, und die bald nachher von Nydorge und Henrion strenge beurtheilt worden, finde ich, daß man schon vor 1636 die Kugel und Röhre dergestalt zusammen zu passen gewußt, daß die flüßige Materie vom Sommer zum Winter die ganze Länge der Röhre durchlief. Ferner, daß dieser Raum von den Weltweisen damals in 8, von den Aerzten aber in 4 Theile getheilt worden, und endlich, daß jene jeden der 8 Theile nochmals in 8 kleinere eintheilten. Dieser Unterschied in der Eintheilung rührt vermuthlich daher, daß die Aerzte sich nach ihren damals üblichen sogenannten 4 Graden der Wärme richteten, nach welchen sie gewohnt waren, die Kraft der Kräuter und der Witterung zu schätzen, und die, so viel mir bekannt ist, durch die Benennungen: kalt und trocken, kalt und feucht, warm und feucht, warm und trocken unterschieden wurden. Die Philosophen hingegen wählten sich 4 Grade von Wärme über dem gemäßigten Zustand der Luft und 4 Grade von Kälte unter demselben, weil sie fürnehmlich auf den meteorologischen Gebrauch Rücksicht nahmen, und die Wörter gemäßigt, lau, warm, sehr warm, heiß, so wie auch frostig, kalt, sehr kalt, strenge Kälte zu diesen 8 Abtheilungen verständliche Benennungen angaben.

§. 27.

Noch blieb ein eben nicht großer Schritt zu thun, um auf den Schluß zu kommen, daß da die Luft sich so leicht durch die Wärme ausdehnt, sie wohl auch durch äußere Gewalt könne zusammengedrückt werden. Daß dieses bey Blasen der Thiere und Fische angehe war gewiß genug von den ältesten Zeiten her schon bekannt. Allein wie oft sieht man Dinge, daraus wichtige Folgen gezogen werden könnten, und doch nach langer Zeit erst wirklich gezogen werden. Otto Göricke verfiel darauf, und zwar auf eine ganz eigene Art. Er wollte aus einem mit Wasser gefüllten Fasse das Wasser herauspumpen, damit sich dessen Oberfläche und mit derselben auch die Luft herunter senke. So gedachte er über der Luft einen leeren Raum zu erhalten. Seine Hoffnung schlug fehl. Er fand aber Umstände, woraus er folgern konnte, daß die Luft unmittelbar ausgepumpt werden kann, und daß sie dessen unerachtet fortfahre den Raum ganz auszufüllen, indem sie sich durch eine ihr eigene Kraft ausbreitet und verdünnet. Hinwiederum fand er daß sie sich zusammenpressen lasse, und daß selbst auch die äussere freye Luft immer eben diese Kraft sich auszubreiten äussert, indem sie zwo Halbkugeln die gut auf einander passen, wenn die Luft aus ihrer Höhlung herausgepumpt worden, sehr stark zusammen drücket. Den Versuch stellte er feyerlich vor den Gesandten

des

des Reichstages an, und dieſes trug mit bey, daß die Sache viel Aufſehens machte. Ungefähr um eben die Zeit, nemlich 1643 erfand Torricelli das Barometer, und ſo waren alle Schritte gethan, um die Schwere, den Druck und die Schnellkraft der Luft genauer kennen zu lernen.

Zweytes Hauptſtück.

Von der Ausdehnung anderer Materien durch die Wärme.

§. 28.

Man fand auch bald, daß erſtlich die Gerickiſche Kugel, womit er das Gewicht der Luft abwog, und welches daher ein Barometer ſeyn ſollte, eigentlich nur die beſondere Schwere der Luft angab, und des Torricelli Röhre viel eher verdiene ein Barometer zu heißen. Eben ſo fand man hinwiederum, daß das Drebbeliſche Thermometer nicht ſo ſchlechthin die Veränderungen der Wärme anzeigt, ſondern daß auch die Veränderungen der Schwere der Luft viel dazu beytrage, und daß folglich ſeine Veränderungen ein Gemiſche von barometriſchen und eigentlich thermometriſchen Veränderungen ſind. Nun hätten ſich freylich mittelſt des Barometers und einer anzuſtellenden Rechnung dieſe beyderley Wirkungen können unterſcheiden laſſen. Dieſes unterblieb aber, und man fiel auf andere Verſuche, Inſtrumente zu verfertigen, die bloß von der Wärme ſich verändern.

§. 29.

Hierinn gelang es der Florentiniſchen Academia del Cimento. Sie bemerkte, daß unter den flüßigen Materien, beſonders der Weingeiſt ſich ziemlich merklich ausdehnt. Man färbte denſelben, füllte gläſerne Kugeln mit langen Röhren damit an, und ſchmolz das Ende der Röhre zu. Dieſe Einrichtung hat ſich noch immer erhalten. Das Jahr dieſer Erfindung iſt mir nicht bekannt. Sie wird aber in dem Saggio der Academie, welcher 1667 herausgekommen, nebſt noch einigen andern thermometriſchen Verſuchen beſchrieben. Die Akademie ſelbſt wurde 1657 von dem Großherzogen Leopold zu Florenz geſtiftet. Und da 1667 dieſe ſogenannte Florentiniſche Thermometer in vielen Ländern ſchon bekannt waren, die Akademiker auch anzeigen, daß einige ihrer Thermometer die Farbe an das Glas anſetzen, welches eben nicht in wenigen Tagen geſchieht, ſo wird die Zeit der Erfindung näher bey 1657 als 1667 ſeyn.

Digitized by Google

§. 30.

Die Akademiker verfertigten solche Instrumente zu ihrem besondern Gebrauche nach dreyerley Größe, und geben an, wie sie bey jeder die Stuffenleiter bestimmt haben. Sie nahmen zween äußerste Puncte an, den tiefsten bestimmten sie dadurch, daß sie das Thermometer in Schnee und Eis setzten. Nun ist zu Florenz die Winterkälte eben nicht sehr groß, und dieses macht, daß ihr Schnee und Eis wenig kälter ist, als gerade daß er nicht schmelzet. Den anderen oder höchsten Punct fanden sie, indem sie das Thermometer an den wärmsten Tagen an die Sonne setzten. Dieser Grad ist etwas unbestimmt. Indessen sagen Borelli und Malpighi, daß dieser Grad eben derjenige sey, der die Wärme in dem Leibe der Kühe, Hirschen ꝛc. anzeige. Man sieht hieraus, daß die Florentiner Akademiker so ziemlich bey dem vorhin (§. 26.) erwähnten Verfahren das Drebbelische Thermometer einzutheilen geblieben sind. Nur nahmen sie anstatt der 8 philosophischen Grade 80, und anstatt der 4 medicinischen 40 an. Im ersten war der 80ste Grad der von der Sommer-Sonnenwärme, und den von der Kälte des Schnees setzten sie auf den 20sten, so daß sie noch 20 Grade abwärts zählten, um auf 0 zu kommen. Eben so zählten sie noch 20 Grade über den 80sten hinauf, und damit hatte die ganze Stuffenleiter in allem 100 Grade.

§. 31.

Das andere Thermometer hatte in allem nur 50 Grade. Von diesem ist ebenfalls der 40ste der Grad der Sommer-Sonnenwärme. Die gemeine Winterkälte setzten oder fanden sie bey dem 11ten oder 12ten, und diese Grade stehen mit dem 17ten oder 18ten der erstern Eintheilung als übereinstimmend an.

§. 32.

Endlich haben sie noch empfindlichere Thermometer gemacht, die sie in 300 Grade, oder wohl auch in 400 eintheilten. Mit diesem letztern stellten sie Versuche an, um zu sehen, wie das Wasser, wenn es in gesalzen Eis gesetzt wird, sich beym Frieren erst ausdehnt, dann zusammenzieht und endlich wiederum ausdehnt. Dieses Thermometer stund an der Sonne im Sommer bey dem 400sten Grad, im Eise oder frierenden Wasser bey dem 140sten, und im Eise, welches mit Salmiac vermischt worden, fiel es bis zum 35sten, auch wohl bis zum 15ten Grade. Das erste Thermometer fiel bis auf den 7½ Grad, wenn das Eis mit Salpeter gesalzen war, und auf den 5ten Grad, wenn sie es mit Salarmoniak einsalzten. Hieraus ergeben sich folgende übereinstimmende Grade.

Anzeigen.	1. Therm.	2. Therm.	3. Therm.
Sommer-Sonnenwärme			
Kühe: Blutwärme ;	80	40	400
frierendes Waſſer ;	—	—	140
ſtarke Winterkälte ;	17	11	
zu Florenz ; ;	18	12	
geſalzen Eis ;	$7\frac{1}{2}$	—	35
	5	—	15

§. 33.

Die Florentiniſchen Thermometer wurden bald in allen Ländern bekannt. Sie hatten die beträchtlichſten Fehler des Drebbelſchen Thermometers nicht, ſondern überdies noch die Bequemlichkeit, daß ſie ſich leicht herumtragen ließen. Indeſſen waren ſie doch weniger empfindlich, weil ſie die Grade der Wärme nicht ſo ſchnell annahmen als das Drebbelſche. Anfangs waren es, und auch noch dermalen ſind es Italiener, welche ſich mit Verfertigung der Barometer und Thermometer beſchäftigen, und ſie von Stadt zu Stadt zum Verkaufe herum tragen. Dieſe Leute giengen von der Sorgfalt, die die Florentiniſche Akademie bey der Eintheilung ihrer Thermometer beobachtet hatten, ſehr ab. Und eben daher entſtund die Klage überall, daß die Thermometer keine verſtändliche Sprache haben, und ihre Eintheilungen gar nicht mit einander übereinſtimmen. Man warf ſogar die Schuld auf die Thermometer ſelbſt, und brachte Verſuche vor, die mit neben einander gehängten Thermometern angeſtellt worden, und woraus man beweiſen wollte, daß ihre Veränderungen nicht nur nicht gleich, ſondern ſogar auch nicht proportional ſeyen. Solche Unterſuchungen findet man z. B. in Wolfens nützlichen Verſuchen.

§. 34.

Die Akademiker von Florenz ſagen ferner, daß ſie auch bey Waſſer, Oel, Queckſilber und vielen andern flüßigen Materien gefunden haben, daß ſie ſich durch die Wärme ausdehnen. Eben dieſes fanden ſie beym Glaſe und bey Metallen. Sie ſtellten aber keine Verſuche an, um zu finden, wie viel die Ausdehnung bey verſchiedenen Graden von Wärme austrage. Halley ſcheint der erſte geweſen zu ſeyn, der 1693 deswegen mit der Luft, dem Weingeiſte und dem

Queckſilber einige Verſuche anſtellte. Er fand, daß das Queckſilber im ſiedenden Waſſer ſich um $\frac{1}{74}$ Theil ausbreitete, und dieſes gab ihm Anlaß, die Hitze des ſiedenden Waſſers als einen beſtimmten Grad anzuſehen, und ihn zur Eintheilung der Thermometer in Vorſchlag zu bringen. Indeſſen iſt dieſer $\frac{1}{74}$ Theil dadurch unbeſtimmt, daß Halley den Grad der Kälte nicht angegeben, von welchem die Zählung muß angefangen werden. Eben dieſes machte auch ſeine Beſtimmung von der Ausdehnung der Luft und des Weingeiſtes unbrauchbar.

§. 35.

Der Satz, daß die Körper in der Wärme ausgedehnt werden, und ſich in der Kälte zuſammenziehen, leidet in einigen Fällen eine beträchtliche Einſchränkung, und beſonders wenn flüßige Materien anfangen zu frieren. Das Eis iſt je nachdem es ſchneller oder langſamer frieret, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$ leichter als das Waſſer. Es entſtehen aber viele Luftblaſen darinn, die dazu beytragen, daß ſie den Raum vergrößern. Auch legen ſich die frierenden Waſſertheilen in eine eigene drey- und ſechseckichte Lage, wie man es am Rande der Gefäße ſieht, in welchen das Waſſer anfängt zu gefrieren, und eben ſo ſieht man es am Schnee als an gefrornen Waſſertropfen. Aehnliche Blaſen kommen auch in gegoſſenem Eiſen zum Vorſchein, und machen es leichter als das geſchmiedete, zumal da bey dieſem viele irdiſche und glasartige Theile in Form von Schlacken abgehen. Das Holz hat immer auch Feuchtigkeit in ſich, welche ſich, wenn das Holz in der Kälte liegt, ſo wie das Eis ausdehnen. Man ſieht ohne Mühe, daß ſolche Umſtände der ausdehnenden Kraft der Wärme Hinderniſſe in Weg legen, die Kraft ſelbſt bleibe aber deswegen nicht weniger wirklich.

Drittes Hauptstück.

Das Luftthermometer.

Erster Abschnitt.

Vom Zusammendrücken der Luft durch äußere Gewalt.

§. 36.

Daß die Luft könne zusammengepreßt werden, und dadurch eine stärkere Kraft erhalten, hätte allem Ansehen nach mittelst eines Kinderspieles längst schon bekannt seyn können. Die Kinder treiben das Mark aus dem Stücke eines Hollunderastes um eine ganz hohle Röhre zu erhalten. Sie schneiden aus Holz einen Cylinder, der darein passet. Sodann käuen sie aus Papier Kügelchen, die mit einiger Gewalt in die Röhre müssen hineingetrieben werden. Sie treiben das erste aber am einen Ende der Röhre nur so weit hinein, daß es gerade nur darinn ist. Das andere aber treiben sie mit Anstrengung ihrer Kraft am andern Ende so weit hinein, bis das erstere herausfährt, und einen desto stärkern Knall verursachet, je mehr Kraft angewendet werden mußte. Diese Röhre nennt man in Oberdeutschland eine Schleebüchse, vermuthlich weil anstatt der gekäuten papiernen Kügelchen, auch Schleebeeren gebraucht werden können. Es kommt alles darauf an, daß sie genau in die Röhre passen. Da mir keine Geschichte der Kinderspiele bekannt ist, so kann ich auch nicht sagen, wie alt das hier erzählte ist. Man sieht aber ohne Mühe, daß es in kleinem mit den sogenannten Windbüchsen auf eines hinausläuft, weil das Kügelchen durch die Zusammenpressung der Luft herausgetrieben wird. Das sogenannte Blasrohr gehört ebenfalls hieher. Es wird noch von Liebhabern des Vogelschießens gebraucht. Sie brennen Kügelchen von Thon, weil es viel darauf ankommt, daß sie leicht seyn. Diese legen sie in das Rohr, blasen stark hinein, und jagen es mit solcher Geschwindigkeit heraus, daß sie einen Vogel vom Baum herunter schießen können. Hier wird durch das Einblasen die Luft zusammengepreßt.

§. 37.

Dieser Spielwerke unerachtet behält Otto Gericke den Ruhm, daß er die Schnellkraft der Luft, ihre Ausdehnbarkeit und Zusammenpressung zu einer wissenschaftlichen Kenntniß gemacht hat. Indessen dachte er dabey eben nicht sonderlich auf den mathematischen Theil dieser Kenntniß. Das war Mariotten vor-

behalten, welcher sich angelegen seyn ließ, die zusammendrückende Kraft mit dem Grade der Zusammenpressung, das will sagen, mit dem verengerten Raume zu vergleichen, und das Verhältniß zwischen beyden zu bestimmen. Er fand, daß bey 2, 3, 4facher Vermehrung der Kraft der Raum der zusammengepreßten Luft, 2, 3, 4mal enger oder kleiner wird; so daß also der Raum in umgekehrter Verhältniß der Kraft ist. Den Versuch, den er deswegen angestellt und öfters wiederholt hat, ist sehr gut ausgedacht. Indessen scheint er ihn nur bis auf die viersache Verdichtung getrieben zu haben. Ungeachtet er die Folgen davon bis auf die zwölffache Zusammenpressung ausdehnt. Andere hingegen zweifeln, ob der Satz alsdann genau genug richtig bleibe. Man sehe *D. Bernoullii Hydrodyn. p.* 202.

§. 38.

Dieses hat Herrn Professor Sulzer bewogen, den Mariottschen Versuch von neuem vorzunehmen, und bis zur 8sachen Verdichtung der Luft fortzusetzen (Mem. de l'Acad. de Berlin 1753. S. 116—123.) Die Zusammendrückung geschahe nach Mariottens Art in einer umgebogenen gläsernen Röhre, wo die Luft in dem kürzern Theile dem Drucke der äußern Luft und noch einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hielt. Der Raum der Luft wird durch die Höhe in der Röhre, worinn sie immer mehr zusammengepreßt wurde, vorgestellt. Und eben so wird auch die gesammte drückende Kraft durch die Höhe einer Quecksilbersäule angedeutet. Beydes in rheinländschen Zollen und deren Decimaltheilen. Der Erfolg war dieser:

Höhe des Druckes.	Höhe der zusammengepreßten Luftsäule.	
	Nach der Erfahrung.	Nach Mariottens Regel.
″	″	″
29,0	12	12,00
31,2	11	11,15
34,3	10	10,14
37,8	9	9,21
42,7	8	8,15
49,1	7	7,23
55,1	6	6,32
65,0	5	5,35
81,0	4	4,27
105,3	3	3,30
153,6	2	2,26
198,2	$1\frac{1}{2}$	1,75

Digitized by Google

Ich habe die Zahlen der letzten Columne so berechnet, daß ich 12mal $29 = 348$ durch die Zahlen der ersten Columne theilte.

§. 39.

Dieses geschahe nun der Mariottschen Regel zufolge, weil nach derselben die Zahlen der zweyten Columne in umgekehrten Verhältniß der Zahlen der ersten Columne seyn sollten. Es sind nun die Zahlen der zweyten Columne kleiner als die nach dieser Regel berechneten Zahlen der dritten Columne. Und daraus folgt, daß die Luft sich um etwas weniges mehr als nach Maaße der drückenden Kraft, zusammendrenget.

§. 40.

Ich finde in *Müllers Collegio Experimentali* einen zwar nicht so weit ausgedehnten, aber ganz ähnlichen Versuch, welcher in Decimaltheilen des (vermuthlich Nürnbergschen) Werkfußes, folgende Bestimmungen angiebt:

Höhe des Druckes.	Höhe der Luftsäule.	
	beobachtet.	berechnet.
2,35	0,640	0,640
2,47	0,600	0,609
2,56	0,580	0,587
2,83	0,520	0,532
3,21	0,460	0,469
3,64	0,400	0,413
3,81	0,380	0,395
4,14	0,350	0,363

Da auch hier die Zahlen der letzten Columne größer sind als die von der zweyten, so zeigt dieses ebenfalls, daß die Luft etwas mehr als nach der Mariottschen Regel zusammengepreßt wird.

§. 41.

Um diese Versuche mit den vorhergehenden zu vergleichen, müssen sie vorerst auf einerley Maasstab gebracht werden. Dieses geschieht mit hinreichender Genauigkeit, wenn man in Ansehung der letztern Tafel alle Zahlen der ersten Columne mit $\frac{2,100}{2,35}$, und alle Zahlen der beyden andern Columnen mit $\frac{2,100}{0,640}$ multiplicirt. Auf diese Art entsteht aus beyden Tafeln folgende:

Digitized by Google

Höhe des Druckes.	Höhe der Luftſäule beobachtet.	berechnet.	Unterſchied
29,00	12,00	12,00	0,00
29,68	11,25	11,42	0,17
31,20	11,00	11,15	0,15
31,59	10,88	11,01	0,13
34,30	10,00	10,14	0,14
34,92	9,75	9,98	0,23
37,80	9,00	9,21	0,21
39,61	8,62	8,80	0,18
42,70	8,00	8,15	0,15
44,92	7,50	7,74	0,24
47,91	7,12	7,41	0,28
49,10	7,00	7,23	0,23
51,09	6,56	6,81	0,25
55,10	6,00	6,32	0,32
65,00	5,00	5,35	0,35
81,00	4,00	4,27	0,27
105,30	3,00	3,30	0,30
153,60	2,00	2,26	0,26
198,20	1,50	1,75	0,25

§. 42.

Es iſt nun fürnemlich die Frage: Woher die Unterſchiede in der 4ten Columne entſtehen. Man ſieht, daß ſie der Größe nach, ziemlich gleich ſind, und es zeigt ſich eben dadurch ein Abſprung vom bloßen Drucke der Atmoſphäre zur geringſten Vermehrung deſſelben durch Queckſilber. Der erſte dieſer Unterſchiede iſt zwar deswegen = 0, weil ich zur Berechnung der dritten Columne die Höhe der Luftſäule von 12 Zollen zum Grunde gelegt habe. Wenn nun aber in der That die Luft ſich mehr als nach der Mariottſchen Regel ſollte zuſammendrücken laſſen, ſo hätte ich ebenfalls mehr als 12 Zoll für die anfängliche Höhe der Luftſäule zum Grunde legen ſollen, da die Luft an ſich ſchon in einem zuſammengepreßten Zuſtande iſt, der der Barometerhöhe von 29 Zollen das Gleichgewicht hält. Das will alſo ſagen, daß ſchon die erſte Zahl der 3ten Columne größer als die von der zweyten Columne angenommen werden müßte. Ich will demnach ganz unbeſtimmt dafür 12 + x ſetzen, ſo wird der Mariottſchen Regel zufolge die zweyte Zahl der

der dritten Columne $= \frac{29,00}{29,88} \cdot (12 + x) = 11,42 + \frac{2900}{2988} x$ ſeyn, und dieſes wird in der 4ten Columne den Unterſchied

$$0,17 + \frac{2900}{2988} \cdot x,$$

geben. Und auf eben die Art findet ſich für jede Zahl n der erſten Columne der Unterſchied

$$\delta + \frac{29,00}{n} \cdot x,$$

wo δ die in der vierten Columne enthaltene Unterſchiede vorſtellt. Da nun Anfangs n ſehr langſam größer wird, ſo bleibt auch der Ausdruck

$$\frac{29,00}{n} \cdot x,$$

für die erſten Unterſchiede ziemlich einerley, und daher bleibt auch der Sprung von $\delta = 0$ auf $\delta = 0,17$ immer. Wollte man aber x groß genug annehmen, um ihn aufzuheben, ſo würde es nur mit den folgenden Unterſchieden deſto mißlicher ausſehen.

§. 43.

Es iſt daher ungleich ungezwungener, wenn wir andern Urſachen Raum geben. Das Queckſilber wird in die längere Röhre eingegoſſen. Dadurch entſtehen in der kürzern Röhre Oscillationen, und mit dieſen zieht ſich nur allzu leicht etwas Luft zwiſchen die Röhre und das Queckſilber. Dadurch aber wird die Höhe der Luftſäule vermindert. Dieſes ſcheint nun ſchon bey dem erſten Eingießen ſtatt zu finden, da, wie wir aus der Tafel ſehen, die Unterſchiede von dem Zweyten an ſchon ſehr merklich ſind. Der Umſtand, daß die Luft immer dichter wird, und daher die letzten Unterſchiede, auch wenn ſie den erſten ganz gleich ſeyn ſollten, dennoch an Luft mehr austragen, und folglich zuletzt die Luft, ſo ſich zwiſchen das Queckſilber und die Röhre gezogen, ſehr merklich und ſichtbar ſeyn müßte; dieſer Umſtand hat hier nichts auf ſich, weil dieſe Luft ebenfalls in einen engern Raum zuſammengepreßt iſt, und daher zuletzt eben ſo wenig als Anfange ſichtbar ſeyn kann. Es kömmt hier nicht auf die Maſſe, ſondern auf den Raum an. Und die Unterſchiede in der 4ten Columne zeigen, daß dieſer Raum ſich ſehr wenig vergrößert, ja zuletzt eher ab als zunimmt. Auch werden die Oscillationen zuletzt nothwendig kleiner, und eben dieſes macht, daß ſich immer weniger Luft zwiſchen das Queckſilber und die Röhre zieht.

§. 44.

Daß dieſer hier angegebene Grund etwas auf ſich habe, und in der That der wahre ſey, das haben die Verſuche mit dem Barometer gelehrt, wodurch man ſich überzeugt hat, daß um ſie gut und correſpondirend zu erhalten, das Queckſil-

Digitized by Google

ber müſſe geſotten werden. Solche über dem Feuer gefüllte Barometer ſtehen gewöhnlich um 2 Linien höher, als andere, die nach gemeiner Art gefüllt werden. Es hat ſich alſo aus dem Queckſilber, und beſonders auch zwiſchen demſelben und der Röhre heraus ſo viel Luft aufwärts in den leerſeyn ſollenden Raum gezogen, daß ſie 2 Linien Queckſilber das Gleichgewicht halten kann. Beym Zuſammenpreſſen kann ſich alſo eben ſo viel wieder hineinziehen.

§. 45.

Ich finde daher keine Urſache, von der Mariottſchen Regel abzugehen. Mariotte führt ſie an drey Orten an, und zwar in ſeinem *Eſſay ſur l'air*, in dem *Diſcours ſur le mouvement des eaux* und in dem *Eſſay de Logique*; und jedesmal ſpricht er davon als von einer Sache, die man bey Anſtellung des Verſuches bewährt finden werde. Die eingeſchloſſene und zuſammengepreßte Luft behält ihre Kraft viele Jahre lang unverändert. Man kann alſo nicht ſagen, daß ſie durch das Zuſammenpreſſen ſchwächer werde, und deswegen ſich mehr als nach der Mariottiſchen Regel zuſammenziehe. Im Gegentheil hätte man nach der Bernoulliſchen Hydrodynamic eher Gründe zu glauben, daß ſie ſich weniger als nach dieſer Regel zuſammenziehe, weil bey engerm Raume das, was in der Luft Materie iſt, mehr in Betrachtung kömmt, ſo daß es ſcheint, die Luft könne nicht weiter zuſammengepreßt werden, als bis ihre Theilchen dichte aneinander zu liegen kommen, in welchem Fall ſie aber wohl eben ſo dicht als Waſſer werden müßte.

Zweyter Abſchnitt.

Von der Kraft der Wärme in der Luft.

§. 46.

Mariottens Regel ſetzt voraus, daß bey ſeinem Verſuche die Wärme der zuſammengepreßten Luft einerley bleiben müſſe. Dieſes folgt ſchon aus Drebbels Erfahrung, daß nemlich eine größere Wärme die Luft mehr ausdehnt, als ſie bey gleichem Drucke ausgedehnt ſeyn würde. Nun wollte Mariotte eigentlich nur beſtimmen, wie ſich die Dichtigkeit der Luft gegen die zuſammendrückende Kraft verhalte. Dabey mußte demnach nothwendig der Verſuch bey unverändert bleibender Wärme vorgenommen werden. Auf den Grad der Wärme kömmt es hiebey nicht an. Die Hauptbedingung iſt, daß er ſich inzwiſchen nicht

Digitized by Google

ändere. Und hierauf hat man bey dieser Art von Versuchen immer Acht gehabt, da der Einfluß der Wärme in die Ausdehnung der Luft von Drebbels Zeiten an, bekannt war.

§. 47.

Bey solchen Versuchen findet sich nun ein doppeltes Gleichgewicht. Einmal das zwischen der Schnellkraft der Luft und der zusammendrückenden Kraft. Sodann das zwischen der ausdehnenden Kraft der Wärme und dem Gegendrucke der Luft. Dieses macht nun, daß die Kraft, womit die Wärme die Luft ausdehnt, der Kraft, womit die Luft der zusammendrückenden Kraft das Gleichgewicht hält, gleich ist. Diese letztere Kraft nennt man gewöhnlich das aufliegende Gewicht, und so kömmt auch gewöhnlich der Druck der äußern Luft mit in Betrachtung, so wie auch die Fläche, welche den Druck und Gegendruck auszuhalten hat.

§. 48.

Hieraus hat man nun längst schon folgende zween Sätze hergeleitet. Der erste ist, daß bey gleicher Wärme die Dichtigkeit, so wie die Schnellkraft der Luft in Verhältniß des aufliegenden Gewichtes ist. Das ist eben der im vorhergehenden Abschnitte betrachtete Mariottsche Satz.

§. 49.

Der zweyte, daß bey gleicher Dichtigkeit die Kraft der Wärme in Verhältniß der Schnellkraft der Luft oder des aufliegenden Gewichtes ist. Dieser Satz folgt aus dem vorhergehendem. Denn es sey bey einem gewissen Grad der Wärme das aufliegende Gewicht = p. Es werde nun die Wärme vermehrt, so kann die Dichtigkeit nicht anders als durch ein größeres Gewicht P gleich erhalten werden, und dieses muß in Verhältniß der Dichtigkeit größer seyn (§. 48.) Die Verstärkung der Wärme macht demnach, daß sie bey gleicher Dichtigkeit der Luft einem größern Drucke das Gleichgewicht hält. Ihre Kraft hat demnach in der Verhältniß von p zu P zugenommen.

§. 50.

Dieser Satz ist nicht immer richtig genug verstanden worden, weil man daraus so gleich einen andern Satz hergeleitet hat, bey welchem die Bedingung der gleichen Dichtigkeit wegblieb. Man folgerte nemlich, und zwar ganz richtig, daß bey gleichem Drucke die Kraft der Wärme in Verhältniß der

Ausdehnung oder des vergrößerten Raumes zunimmt. Denn p verhält sich zu P, wie der anfängliche Raum R zu dem durch die Wärme vergrößerten r (§. 48) Es ist aber die anfängliche Wärme zu der verstärkten eigentlich nur alsdann in Verhältniß von p zu P, wenn die Luft bey gleicher Dichtigkeit erhalten wird. Und so würde man sich sehr irren, wenn man diese Bedingung weglassen wollte. Der Beweis des Satzes gründet sich darauf, daher muß sie auch im Satze selbst verstanden werden.

§. 51.

Die Absicht dieses Satzes geht nun eigentlich nur dahin, daß man die Verhältniß der drückende Kräfte p, P, welche bey veränderter Wärme zur Beybehaltung der Dichtigkeit nöthig sind, durch die Verhältniß des Raumes bestimmen wollte, durch welchen sich bey einerley Gewichte p die Luft wegen der vermehrten Wärme ausdehnt. Man hat dadurch nicht nöthig die Luft immer wiederum zusammenzudrücken und das Gewicht P unmittelbar zu finden. Der Raum kann leichter gemessen werden, und dann wird P leicht bestimmt, weil man r: R=p: P hat.

§. 52.

Dieses war anzumerken, um die Zweydeutigkeit des erst angeführten Satzes (§. 50.) zu heben, und zwar um so mehr da derselbe dem (§. 47.) erwähnten doppelten Gleichgewichte zu widersprechen schien, und wirklich wiedersprechen würde, wenn man den Satz so verstehen wollte, als wenn die Wärme auch in der durch sie verdünneten Luft eine nach Maaße der Ausdehnung vermehrte Kraft behielte. Daß dieses nicht sey, folgt daraus, daß die Wärme bis ins Unendliche fortfahren würde die Luft auszudehnen. Ihre ausdehnende Kraft nimmt aber gerade deswegen ab, weil sie sich ausdehnt. Denn jede Kraft, die sich durch mehrern Raum ausbreitet, wird eben dadurch in jedem Theile schwächer. Die Ausdehnung der Luft geht demnach nur so weit, bis die Wärme schwach genug ist, um dem äußern Drucke und der Schnellkraft der Luft das Gleichgewicht zu halten.

§. 53.

Wenn wir demnach die Ausdehnung der Luft bey gleichem Drucke als das Maas der Wärme oder der Kraft der Wärme in der Luft ansehen, so verstehen wir, daß von der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft die Rede sey. Hiebey muß nun ein gewisser Grad von Dichtigkeit zum Grunde gelegt werden, und dieser ist gewissermaaßen willkührlich, so lang es nur die Frage ist,

die Grade der Wärme unter sich zu vergleichen. Eigentlich sollte es die größte mögliche Dichtigkeit seyn, so die Luft erhalten kann, und welche alsdann statt findet, wenn sie durch die Kälte zusammenfällt oder durch äußere Gewalt zusammengepreßt wird, bis ihre Theilchen dicht an einander schließen. Man kann sich hiebey die nunmehro sehr Mode gemachte fixe Luft gedenken. Die Leichtigkeit der Luft macht begreiflich, daß sie bey solcher absoluten Dichtigkeit wenig Raum einnehmen werde.

§. 54.

Wenn der Grad der Wärme, wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ . . . . . bis auf 0 abnimmt, so muß, um gleiche Dichtigkeit beyzubehalten, das aufliegende Gewicht ebenfalls, wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ bis auf 0 abnehmen. Läßt man aber das Gewicht, so nimmt der Raum, wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ . . . . bis auf 0 ab. Dieses muß aber nur in so fern verstanden werden, als es so zu sagen die Einförmigkeit der Regel und die Kürze des Ausdruckes erfordert. Denn ungeachtet der Raum nicht ganz = 0 wird, so kann er dennoch dafür angesehen werden, weil gegen 1 verglichen $\frac{1}{100}$ schon so klein ist, daß es für so viel als nichts angesehen werden kann (§. 45.)

§. 55.

Nun ist der Grad der Wärme = 0, eigentlich das, was man eine absolute Kälte nennen kann. Folglich ist bey der absoluten Kälte der Raum der Luft = 0, oder so viel als 0. Das will also sagen: In der absoluten Kälte fällt die Luft so dicht zusammen, bis sich ihre Theilchen durchaus berühren, oder bis sie, so zu reden, wasserdicht wird. Die Ausdehnung der Luft rührt also eigentlich von der Wärme her.

§. 56.

Amontons ist, so viel ich weis, der erste, der dieses eingesehen, und gleich im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts der K. Akademie der Wissenschaften zu Paris vordemonstriret hat. Eine Erfindung, darauf er sich, meines Erachtens, recht viel zu Gute halten konnte, und die vielleicht deswegen, weil sie zu schön und sehr wahr ist, Ungläubige vor sich fand. Amontons machte eine an sich sehr brauchbare Anwendung davon auf das von ihm verbesserte und zugleich auch wissenschaftlich berichtigte Drebbelsche Thermometer. Er konnte aber während seinen Lebzeiten (die nur noch einige Jahre dauerten) von *La Hire* nicht erhalten, daß dieser sein lange gebrauchtes Thermometer mit dem Amontonischen vergliche. Zwar wurde ein Amontonsches auf die Pariser Sternwarte gestellt. Man hängte es aber so gleich in einem andern Saale auf, gerade, als wenn alle Vergleichung sorgfältig vermieden werden sollte. Diese

Digitized by Google

Vergleichung gieng erſt einige Jahre nach Amontons Tode vor, und zwar ſo nachläßig als es immer ſeyn konnte. Nemlich Amontons Thermometer führte eine verſtändliche Sprache. Und das war eben, was *La Hire* dem ſeinigen nicht geben wollte, oder ſchon deswegen für überflüßig hielt, weil er an demſelben glaubte zween feſte Puncte, nemlich den von der Temperatur im Keller der Sternwarte, und den von der Kälte der Luft in dem offenen Saale der Sternwarte zur Zeit, wenn es auf dem Felde frieret, bemerkt zu haben. Eine Bemerkung, die er alle Jahre aufs Neue der Akademie vorlas, wenn er von ſeinen Wetterbeobachtungen Bericht erſtatte. Das war nun eben nicht das Mittel, die Wiſſenſchaften mit vereinigten Kräften zu erweitern.

Dritter Abſchnitt.

Das Drebbelſche Thermometer, nebſt deſſen Abänderungen.

§. 57.

Ich werde nur die gewöhnlichſten Arten des Drebbelſchen Thermometers vornehmen. Die einfachſte und vermuthlich die älteſte Art iſt die, ſo in der Fig. 1. 1 Figur vorgeſtellt wird. Man gießt in ein Gefäßchen B Waſſer, Weingeiſt oder eine andere flüßige Materie. Sodann nimmt man eine gläſerne Röhre B C, woran oben eine Kugel geblaſen worden. Man erwärmt die Kugel mit der Hand oder am Feuer oder irgend auf eine beliebige Art, bis ein Theil Luft durch die Wärme herausgetrieben worden. Alsdann ſtellt man behende, die in B offene Röhre in die flüßige Materie. Der Erfolg iſt, daß, indem die Kugel wieder erkältet, die Luft in derſelben ſich zuſammenzieht. Da nun durch das Erkälten die ausdehnende Kraft geringer wird, ſo vermag der Druck der äußern Luft, daß die flüßige Materie in die Röhre ſteigt, bis ſie eine Höhe C erreichet hat, wo ſie ſodann ſtehen bleibt, ſo lange die Luft in der Kugel gleiche Wärme, die äußere Luft aber gleichen Druck erhält. Die Höhe B C wird deſto größer ſeyn, je mehr die Kugel erwärmt worden. Wird ſie zu viel erwärmt, ſo ſteigt das Waſſer oder die flüßige Materie bis in die Kugel hinauf, und dieſes muß vermieden werden. Im Gegentheile ſteigt ſie nicht hoch genug, wenn die Kugel zu wenig iſt erwärmt worden. Man ſieht auch ohne Mühe, daß es auch viel auf ein behöriges Verhältniß zwiſchen der Länge und innern Weite der Röhre, wie auch der Größe der Kugel ankommt. Dieſes überließ man der Geſchicklichkeit der Künſtler durch das ganze vorige Jahrhundert durch. Einige mögen es, wie bereits oben (§. 26.) erwähnt worden, ziemlich gut getroffen haben. Allein es war nichts methodiſches dabey. Die mei-

sten aber verfuhren nachläßig und eilfertig, und fehlten dabey noch destomehr, daß sie die Stuffenleiter drucken ließen, und sie bey allen Thermometern gebrauchten, so verschieden auch erstbemeldte Verhältnisse seyn mogten. Und da sie in Ansehung der Florentinischen Thermometer eben so verfuhren, so vermehrten sich natürlicherweise die Klägden über die Ungleichheit der Thermometer und ihrer Grade.

§. 58.

Man fand bald, daß, wenn Wasser hiezu gebraucht wurde, es in der Kälte frieret, und daß so wohl Wasser als Weingeist und andere flüßige Materien in dem Gefäßchen B nach und nach auftrocknen, und daher wieder zugegossen werden müßte. Man gab um das Ausdünsten so viel möglich zu hindern, den Rath auf die Oberfläche etwas Oel zu gießen. Leupold gebrauchte eine Mischung von ½ Scheidwasser, 1 Theil Weineßig und 2 Theilen Wasser, wobey das Scheidwasser mit Kupfer grün oder mit Silber blau gefärbt wird. Man verfiel auch darauf, statt solcher wässerichten Materien, Queckſilber zu nehmen, wobey jedoch, wegen der sehr großen Schwere des Queckſilbers der Erfolg merklich verschieden war. Endlich sieht man ohne Mühe, daß solche Thermometer nicht wohl konnten herumgetragen werden, und daß das beste war, wenn man sie an dem Orte, wo sie einmal waren, stehen ließ.

§. 59.

Dieser Mängel unerachtet, wird es nicht undienlich seyn, wenn wir Zahl und Maaß dabey genauer bestimmen. Das erstere was in dieser Absicht vorzunehmen ist, betrift die Ausmessung der Kugel und der Röhre, und ihre Auswahl. Die Röhre ist am besten, wenn sie durchaus von gleicher Weite, dennoch genau cylindrisch ist. Denn eine ungleiche Röhre müßte erst durch Rechnung auf eine gleiche reducirt, und die an derselben anzubringende Stuffenleiter in ungleiche Theile getheilt werden. Man läßt daher, um die Röhre zu prüfen, einen Theil Queckſilber in die Röhre, welches mittelst der Erwärmung und Wiedererkältung der Kugel leicht geschehen kann. Durch die verschiedene Neigung der Röhre erhält man sodann leicht, daß sich das Queckſilber in der Kugel hin und her zieht, und wo man will, stehen bleibt. Dadurch kann man sich versichern, ob es in der Röhre in allen Entfernungen von der Kugel gleiche Länge behält. Dieses findet nothwendig statt, wenn die Röhre durchaus gleich weit ist. Man hat also hiedurch ein leichtes Mittel sich hievon zu versichern. Läßt man sich Röhren auf Glashütten ziehen, so sind gewöhnlich die Mittelstücke die gleichförmigsten. Es ist auch rathsam, daß das Queckſilber in der Röhre, wenigstens einen Zoll Länge habe, weil, wenn man bey Ausmessung der Länge um etwas fehlt, der Fehler desto weniger austrägt, je länger das in die Röhre gelassene Queckſilber ist.

Digitized by Google

§. 60.

Hat man sich von der Güte der Röhre versichert, so wird sie gewogen, und zwar sehr genau. Man füllt sodann die Kugel mit Queckſilber bis an einen Punct der Röhre D, den man bezeichnet. Alsdann wird alles wiederum gewogen, zieht man von diesem Gewichte das von dem Glase ab, so erhält man das Gewicht vom Queckſilber. Endlich wird auch die Röhre mit Queckſilber ganz oder bis an einen bey dem Ende B gezeichneten Punct angefüllt. Und alles nochmals gewogen, zieht man von diesem Gewichte ein jedes der beyden vorhergehenden ab, so findet man, wie viel in allem Queckſilber eingegossen worden, und wie viel besonders zwischen den Puncten B, D in der Röhre ist. Beym Füllen muß man wohl zusehen, daß sich nicht etwa mit dem Queckſilber Luft hineinzieht. Wer am genauesten verfahren will, läßt das Queckſilber sieden, sowohl wenn die Kugel als auch wenn nachher die Röhre gefüllt wird. Das Füllen geschieht mit gläsernen, besonders dazu gemachten Trichtern. Sind diese zu kurz, so kann man die Arbeit erleichtern, wenn man einen feinen eisernen Draht in die Röhre schiebt, weil das Queckſilber zwischen dem Draht und der Röhre herunter läuft, und zugleich der Luft gestattet sich herauf zu ziehen.

§. 61.

Nun ist das gefundene Gewicht des Queckſilbers, dem Raum, den es einnimmt, genau proportional, und man kann, wenn man es zu wissen verlangt, die Größe des Raumes, sowohl in der Kugel als in der Röhre, in Cubic-Zollen und Linien finden, wenn man das Gewicht eines Cubic-Zolles von Queckſilber weis. Es versteht sich, daß man hiebey auf die Verschiedenheit des Gewichtes und Zollmaaßes Rückſicht nehmen müsse. Da es aber hiebey nur auf das Verhältniß ankömmt, so kann man es bey dem Gewichte bewenden lassen.

§. 62.

Wenn nun Wasser oder Weingeist genommen wird, und die Rohre B D ist höchstens etwa einen Fuß lang, so hat man auf die Verschiedenheit des Druckes der Columne B C, wenn sie steigt oder fällt, nicht viel zu achten, um die Verhältniß der Röhre zur Kugel zu bestimmen, weil der Druck der äußern Luft 33 bis 38mal größer ist. Soll demnach das Thermometer nur zu Wetterbeobachtungen dienen, so ist es genug, wenn die Kugel 4mal mehr Raum enthält, als die Röhre. Denn ich habe gefunden, daß wenn in der Kälte des fierenden Wassers der Raum der Luft = 1000 ist, sodann eben dieser Raum in der Kälte von Schnee, welcher mit fast eben so viel Küchensalz vermischet worden, sich auf 918 vermindert, und hingegen bey dem Grad der Wärme des Leibes sich bis auf 1130 erweitert. Diesen

sen Grad der Wärme erreichet die Luft am Schatten in Europa wohl nie. Und eben so selten geschieht es wenigstens in unsern Gegenden, daß sie die Kälte des gesalzenen Schnees erreichen sollte. Nun ist 918 zu 1130 ungefähr wie 4 zu 5. Wenn demnach der Raum der Röhre ein $\frac{1}{4}$ von dem Raume der Kugel ist, so wird das Wasser oder die flüßige Materie bey der strengsten Winterkälte sehr nahe bis an die Kugel steigen, und hingegen bey der größten Sommerhitze sehr nahe bis an das Gefäßchen B herunter sinken. Die Röhre kann noch etwas enger seyn, theils wegen des Druckes der Columne C B, theils wegen des veränderlichen Druckes der äußern Luft.

§. 63.

Wenn die Kugel erst noch soll geblasen werden, so kann man die Röhre mit Queckſilber füllen, so daß es zwischen zween an beyden Enden gezeichneten Puncten stehe. Aus dem Gewichte des Queckſilbers kann sodann der Raum der Röhre berechnet werden. Dieser Raum vierfach genommen, wird den Raum der Kugel angeben, und aus diesem läßt sich dann der innere Diameter der Kugel finden, die man sodann nach dieser Größe blasen läßt, oder unter mehrern bereits geblasenen aussucht und an die Röhre anschmelzen läßt, oder es selbst thut, wenn man damit umzugehen weiß.

§. 64.

Man gedenke sich nun neben der Röhre zwo Linien E G, F H, die die von der Höhe der Oberfläche B an gerade aufwärts gehen. Die Länge der erstern F H soll die von einer gleich weiten Röhre seyn, welche so viel Raum enthalte, als die Röhre B D und die Kugel A zusammengenommen. Die Länge der andern Linie E G soll der Höhe einer Columne der flüßigen Materie gleich seyn, welche dem Drucke der äußern Luft, bey einer gegebenen Barometerhöhe das Gleichgewicht halte. E G wird also dieser Barometerhöhe gleich seyn, wenn man zu dem Instrument Queckſilber gebraucht. Hingegen wird E G 14 oder 16mal mehr betragen, wenn Wasser oder Weingeist genommen wird, weil diese Materien so vielmal leichter sind als Queckſilber. Indessen ist es gut, wenn man das wahre Verhältniß genau bestimmt. Es versteht sich, daß das E G sich allemal in Verhältniß der Barometerhöhe ändert.

§. 65.

Steht nun die flüßige Materie in der Röhre bey C, und man zieht M C N horizontal, so stellt N H den Raum der Luft in dem Thermometer, M G aber ihre Schnellkraft vor. Denn der Druck der äußern Luft ist E G; diesem wirkt aber die Columne C B entgegen, folglich bleibt eigentlich nur noch M G, welches dem

nach das Maaß der Kraft ist, womit die Luft in dem Thermometer gedruckt wird. Diesem Drucke aber ist die Schnellkraft der Luft im Thermometer gleich.

§. 66.

Die Wärme, oder die Kraft derselben in der Luft, ändert sich aber so wohl in Verhältniß von N H, als in Verhältniß von M G. Denn bey gleicher Dichtigkeit ist sie in Verhältniß der drückenden Kraft, (§. 49.) bleibt demnach N H unverändert, so bleibt es auch die Dichtigkeit, folglich ist alsdann die Wärme in Verhältniß von M G. Bleibt hingegen M G beständig, und N H ändert sich, so verändert sich bey gleichem äußern Drucke der Raum der Luft im Thermometer, und mit demselben zugleich auch ihre Dichtigkeit. Da nun die Wärme durch ihre Kraft in einer Luft von bestimmter Dichtigkeit ausgedrückt werden muß, (§. 53.) und dann der Ausdehnung proportional gesetzt werden kann, (§ 50.) so folgt auch, daß die Wärme in Verhältniß von N H ist. Demnach ist sie in Verhältniß des Productes M G. N H.

§. 67.

Es kömmt demnach darauf an, daß dieses Product für einen besondern Fall bestimmt werde, wo nemlich sowohl die Schwere der Luft als die Wärme einen bestimmten Grad hat. Hiezu kann die mittlere Barometerhöhe am Meere, oder die von 28 Pariser Zollen oder 336 Linien angenommen werden. Und da man gefunden, daß der Grad der Kälte des frierenden Wassers ein sehr bestimmter Grad ist, so wird es gleichfalls gut seyn, wenn dieser zum Grunde gelegt wird.

§. 68.

Es sey nun, die zu dem Instrument gebrauchte flüßige Materie n mal leichter als Queckſilber, so wird eine Columne von 336 n linien der Columne Queckſilber von 336 linien das Gleichgewicht halten. Und so muß für eine beliebige Barometerhöhe 336 + b linien, E G = (336 + b) n linien gesetzt werden. Die Länge F H werde durch a linien angedeutet, und die Höhe B C sey = e, wenn b = o, und die Kälte des frierenden Wassers in der Luft statt findet, deren Wärme wir = 1000 setzen wollen. In andern Fällen sey sie = e ± ε, wo nemlich die Barometerhöhe = 336 + b, und die Wärme c statt findet. Unter diesen Voraussetzungen haben wir

(336 n − e) (a − e): (336 n + b n − e + ε). (a − e + ε) = 1000: c

folglich

$$\frac{c}{1000} = \frac{336\,n + b\,n - e + \varepsilon}{336\,n - e} \cdot \frac{a - e + \varepsilon}{a - e}$$

oder

$$\frac{c}{1000} = \left(1 + \frac{b\,n + e}{336\,n - e}\right) \cdot \left(1 + \frac{e}{a - e}\right)$$

Hier sind nun b und e veränderliche Größen. Man sieht demnach, daß so lange e sich nicht verändert, c mit b in arithmetischer Progression ab- und zunimmt, und daß hingegen, wenn b beständig bleibt, c sowohl nach e als nach e e sich verändert.

§. 69.

Ich hatte mir bereits 1751 im Julio ein solches Thermometer mit Quecksilber gemacht, um seinen Gang sowohl mit dem Barometer als andern Thermometern zu vergleichen. Dermalen habe ich nur noch die Stuffenleiter, und die damit etliche Jahre fortgesetzten Beobachtungen. Im Februar 1769 verfertigte ich ein anderes, wovon ich die Maaße und Berechnung angeben werde. Der Diameter der Kugel beträgt 9¼ Linien Pariser Maaß, und die Kugel fassete 1238 Gran Quecksilber Berliner Gewicht. Die Röhre war 115 Linien lang, und fassete 105 Gran Quecksilber. Die Länge von 9 Zoll enthielt 102 Gran. Wenn demnach statt der Kugel eine Röhre von gleicher Weite und gleichem Raume wäre, so würde sie 1311 Linien Länge haben. Werden hiezu noch die 115 Linien addirt, so wird die ganze Länge 1426 Linien betragen. Hievon gehen 4 Linien ab, so tief nemlich die Röhre bey B im Quecksilber stehet, und damit ist F H = 1422 Linien. Da nun ebenfalls B D = 115 — 4 = 111 Linien ist, so findet sich FH : FK = 1422 : 111 = 12,81 : 1. Ich stellte nun die Kugel in kochend Wasser, um die Luft herauszutreiben, und als dieses geschehen, stellete ich behende das Ende der Röhre B in das Quecksilber, welches sich sodann beym Wiedererkälten der Kugel bis auf die Höhe B C von 5 Zollen hinaufzog. Da nun hier n = 1, a = 1422 Linien ist, so verwandelt sich die Formel in

$$(336 - e) \cdot (1422 - e) : (336 + b - e + e) \cdot (1422 - e + e) = 1000 : c$$

Den 24sten Februar 1769 hatte die Luft vor dem Fenster die Kälte des frierenden Wassers. Ich stellte demnach das Instrument hin, und sahe durch das Fenster, daß das Quecksilber bey 63 Linien stund. Das Barometer aber stund bey 27 Zoll 8 Linien = 332 Linien. Es ist demnach für diesen Fall b = — 4, e — e = 63, c = 1000. Demnach

$$(336 - e) \cdot (1422 - e) = (336 - 4 - 63.) \cdot (1422 - 63.)$$

Hieraus findet sich e = 68,9 oder, eine runde Zahl genommen, e = 69 Linien, und so erhält man

$$\frac{c}{1000} = \left(1 + \frac{b + \varepsilon}{267}\right)\left(1 + \frac{\varepsilon}{1353}\right)$$

Mittelst dieser Formel konnten nun die Grade der Wärme bestimmt werden. Z. E. 1770, den 24sten August, war einer der wärmsten Tage. Das Barometer stund bey 28″. 2‴ = 338‴, folglich b = 2‴. Und das Instrument gab e − ε = 44,5 Linien. Damit fand sich c = 1121. Wiederum 1772, den 28sten Jun. bey gleich warmen Wetter, war b = 1‴, e − ε = 43. Dieses giebt c = 1122. Hingegen 1776, denn 27sten Jenner in der damaligen strengen Kälte, die jedoch bereits ein wenig nachgelassen hatte, fand ich b = 4‴, 5, e − ε = 83‴. Dieses giebt c = 942. Um mir übrigens die Mühe zu ersparen, eine jede Beobachtung besonders nachzurechnen, verzeichnete ich mir eine besonders hiezu dienende Stuffenleiter mit schrege laufenden Linien, wodurch so wohl für b = + 12‴ als b = − 12‴, und die Werthe von c = 800, 850, 900..... 1200, die Werthe von e − ε, und dann hinwiederum aus diesen jene, ohne ferneres Rechnen gefunden werden konnten. Uebrigens hat Leupold schon angemerkt, daß das Queckſilber in diesen Thermometern sich etwas mühsam bewegt, so wie es auch in Barometern geschieht, wenn die Röhre enge ist. Man kann ihm aber durch das Neigen des Instrumentes oder durch eine geringe Erschütterung leicht nachhelfen. Uebrigens nimmt es die Veränderungen der Wärme und Kälte sehr schnell an.

§. 70.

Wenn man dieses Instrument neiget, so steigt das Queckſilber in der Röhre. Man nenne φ den Winkel, den die Röhre sodann mit der Verticallinie macht, und x die Länge des Queckſilbers in der Röhre von der Oberfläche B angerechnet; so wird bey gleicher Wärme überhaupt

$(336\,n + b\,n - x\cos\varphi).(a - x) = (336\,n + b\,n - e + \varepsilon).(a - e + \varepsilon)$

seyn, wo für Queckſilber n = 1 gesetzt wird, welches dann

$(336 + b - x\cos\varphi).(a - X) = (336 + b - e + \varepsilon).(a - e + \varepsilon)$

giebt. Wird nun x, φ, b, e, ε durch Versuche bestimmt, so kann mittelst dieser Gleichung a gefunden werden. Doch ist dieses Verfahren etwas mißlich, weil man, so zu sagen, aus dem Kleinen aufs Große schließt. Man hat auch den Anschlag gegeben, die Röhre bey D schief zu biegen oder sie vollends horizontal zu legen. Die Bewegung des Queckſilbers in der Röhre wird aber dadurch noch mehr träge gemacht.

§. 71.

Figur. 2. Nach dieser ersten und einfachsten Gestalt des Drebbelschen Thermometers hat man demselben verschiedene andere gegeben, wovon wiederum die einfach-

sten Arten in der 2ten und 3ten Figur vorgestellt werden. Die 2te ist von der ersten nur darinn verschieden, daß das Gefäßchen B an der Röhre selbst ist. Es wird demselben oben in D eine kleine Oeffnung gelassen, damit nicht an zwey Orten, nemlich in A und B eingeschlossene Luft sey. Die Berechnung ist von der über die erste Figur angestellten in nichts verschieden.

§. 72.

Hingegen äußert sich ein Unterschied bey der 3ten Figur. Hier ist die Kugel unten, und die Röhre oben in D offen. Die in A eingeschlossene Luft hält demnach nicht nur den Druck der äußern Luft, sondern auch den von der flüßigen Materie in E C auf. Hier wird, wie vorhin (§. 60.) die Verhältniß des Raumes der Röhre zum Raume der Kugel bestimmt. Man kann sodann in D ein Trichterchen von Papier befestigen, welches außen um die Röhre herum dicht an dieselbe sich anschließet. Auch kann es allenfalls mit Wachse oder Sigellack daran befestigt werden. Man stellt sodann die Röhre aufrecht, und gießt Queckſilber in das Trichterchen: so wird dieses mehrentheils von selbst oder durch geringes Erschüttern in die Röhre herumerlaufen, folglich die Luft zusammendrücken, und selbst die Kugel zum Theile anfüllen, und zwar desto mehr je höher die Röhre ist. Man bestimmt sodann theils aus dem Verhältniß der Räume, theils aus der Höhe, E D, welches der Grad der Wärme seyn soll, die das Queckſilber bis in D hinaustreiben soll. Ich habe mir 1776, als ich ein solches Instrument machte, die Hitze des siedenden Wassers dazu gewählt. In dieses stellte ich die Kugel, hielt die Röhre gerade aufgerichtet, und ließ oben so viel Queckſilber auslaufen, als die Hitze des siedenden Wassers austreiben konnte. Das ausgelaufene Queckſilber sammelte ich mittelst einer leicht zu gedenkenden Vorrichtung. Als nichts mehr auslaufen wollte, hob ich das Glas sachte aus dem Wasser, damit nicht durch Schwankung mehr Queckſilber auslief. Es senkte sich hierauf bald bis an den Ort, wo es mit der erkältenden Luft in der Kugel im Gleichgewicht stund. Ich bemerkte dabey die Barometerhöhe, theils wegen des Druckes der äußern Luft, theils wegen des eigentlichen Grades der Wärme des siedenden Wassers, weil nach den von Fahrenheit zuerst angestellten Versuchen, dieser Grad sich nach der Höhe des Barometerters richtet. Man kann eben so, statt der Hitze des siedenden Wassers, andere so wohl größere als kleinere Grade der Wärme wählen. Nur muß der Grad nicht so groß seyn, daß daß Queckſilber zu sieden anfange. Auch muß währendes Versuches der gewählte Grad beständig einerley bleiben, damit alle Oscillationen des Queckſilbers vermieden werden. Nach Vollendung der Arbeit, wird das Instrument gewogen, um zu finden, wie viel nun Queckſilber darinn ist. Wie viel davon in der Röhre F E C ist, kann durch Rechnung gefunden werden. Und dann ergiebt sich auch, wie viel in der Kugel ist, und hieraus ferner, wel-

3. Figur.

Digitized by Google

chen Raum die Luft in der Kugel einnimmt. Da diese Luft vor dem Füllen, so wohl die Kugel, als die Röhre anfüllte, so ergiebt sich hieraus, wie viel sie verdichtet worden. Und man kann sodann setzen, ob die Verhältniß mit dem von dem Druck der äußern Luft und in der Queckſilbersäule E C zu dem Druck der äußern Luft allein, gleich ist, wie es eigentlich seyn soll, wenn inzwischen weder die Schwere noch die Wärme der äußern Luft sich verändert hat.

§. 73.

Amontons war der erste, der auf die Sätze (§. 48, 49, 50.) verfiel, und dadurch in Stand gesetzt war, ein solches Thermometer auf eine wissenschaftliche Art zu verfertigen. Er gab der Röhre von E bis B eine Länge von ungefähr 48 Zollen, und füllte sie dergestalt mit Queckſilber, daß wenn die Kugel A in siedend Wasser gesetzt wurde, die Luft darinn einen Druck von 73 Zoll Queckſilbers (den Druck der äußern Luft miteingerechnet) aushalten konnte. Da alle seine Thermometer dieser Bedingung Genügen leisten sollten, so gebrauchte er beym Füllen ein besonderes Verfahren, welches man in den Memoires der Pariser Academie 1702, von ihm beschrieben findet. Es ist aber die Bedingung gar nicht nothwendig, weil man viel leichter die Stuffenleiter nach dem Instrumente als dieses nach jener einrichtet, und weil, seitdem man die Ausdehnung der Luft in verschiedenen bestimmten Graden der Wärme genauer kennen gelernt hat, die Verhältniß der Kugel zur Röhre, nach Verschiedenheit der Absichten voraus durch Rechnung bestimmt werden kann. Ich finde auch, daß Poleni, Crucquius, und andere, die sich Amontonsche Thermometer verfertigten, sich an diese Bedingung nicht so genaue kehrten.

§. 74.

Bey diesem Thermometer wird zu der Höhe E C, die von dem Barometer allemal addirt. Damit erhält man das Maaß der Kraft, womit die Luft in A zusammengedrückt wird. Die Ausdehnung der Luft wird durch das Steigen und Fallen des Queckſilbers in C bestimmt. Man nimmt hiebey eine etwas große Kugel, damit, wenn das Queckſilber in C steigt und fällt, die Höhe der Oberfläche in B sich nur unmerklich ändert. Die Röhre wird ebenfalls hoch genug angenommen, damit die Oberfläche B näher gegen den Mittelpunct komme, und eben dadurch desto breiter werde. Dieses vorausgesetzt, kann die Menge Queckſilbers in dem Theil der Röhre F E als beständig angesehen, und die Höhe E C von E an, als von einem beständigen Punct gezählt werden. Widrigenfalls ist F E veränderlich, und die in E D anzubringende Stuffenleiter müßte auf- und

niedergeschoben werden können, oder über die veränderliche Höhe des Puncts E Rechnung geführt werden.

§. 75.

Man gedenke sich nun eine Röhre von gleicher Weite, die eben so viel Raum enthalte als die Kugel. Die Länge dieser Röhre sey = a Linien. Die Länge der Röhre F E D = b Linien. Es versteht sich, daß sie durchaus gleich weit seyn muß, damit die Theile ihres Raumes durch die Länge dieser Theile vorgestellt werden könne. Die Länge F E sey = e, E C = x. Das Queckſilber fülle eine Länge = q aus. Die Barometerhöhe sey = B, und die Wärme = c. Dieses vorausgesetzt ist B + x der Druck, den die Luft in A aushält. Ferner ist q — e — x der Raum des Queckſilbers in der Kugel, folglich a — q + e + x der Raum der Luft in der Kugel. Nun ist die Wärme in Verhältniß, sowohl dieses Raumes als des Druckes. Nimmt man demnach m als einen Coefficienten an, so ist

$$m\,c = (B + x).\ (a - q + e + x)$$

§. 76.

Amontons sagt nun, seine Kugel habe einen Durchmesser von 39 Linien. Die Röhre aber sey im lichten $\frac{1}{4}$ Linie weit. Der Diameter der Kugel war demnach 78mal größer, als der von der Röhre. Die Kugel enthielt folglich $\frac{4}{3} \cdot 78^3 = 316369$mal mehr Raum als eine $\frac{1}{4}$ Linie langes Stücke der Röhre, folglich so viel Raum als eine 13182 Zoll lange Röhre. Man sieht leicht, daß wenn auch ein ziemlicher Theil der Kugel mit Queckſilber angefüllt wäre, der Raum der Luft dennoch so groß bleibt, daß die ganze Höhe E C = x dagegen für nichts zu achten, und demnach ohne merklichen Fehler

$$m\,c = (B + x).\ (a - q + e)$$

gesetzt werden kann, folglich die Wärme der Höhe des Druckes proportional bleibt.

§. 77.

Dieses ist nun der Grund, warum Amontons die Grade der Wärme durch die Höhe B + x ausdrückt, und in Zollen angiebt. Da nun seine ganze Eintheilung dadurch sehr willkührlich wird, wenn man die Thermometer nicht gerade nach seiner Vorschrift machet, und es ungleich dienlicher ist, den Grad der Kälte des frierenden Wassers auf 1000 zu setzen, den Amontons auf $51\frac{1}{2}$ Zoll setzt, so werde ich die Reduction vornehmen, und diejenigen Beobachtungen hier anführen, die er mit seinem Thermometer unmittelbar gemacht hat. Man findet

Digitized by Google

bey ihm noch andere Beobachtungen, die er aber, und zwar auf eine sehr unrichtige Art, auf Grade seines Thermometers reducirt hatte, und die folglich nicht hieher gehören. Ich werde hier ein für allemal erinnern, daß, wenn ich von Graden des Luftthermometers spreche, allemal solche verstehe, wo der Grad der Kälte des frierenden Wassers 1000 ist. Dieses habe ich auch bereits schon im vorhergehenden gethan. (§. 62. 68 69.) Diese Grade sind zugleich auch die absoluten Grade der Wärme, sofern man dadurch die Kraft der Wärme in Luft von bestimmter Dichtigkeit verstehet. (§. 49. 53.) Hier folgen nun Amontons Beobachtungen:

§. 78.

Zolle des Amontonschen Thermometers.	Grade des Lufthermometers.	
51″. 6‴	1000	frierend Wasser.
54. 0	1049	Im Keller der Pariser Sternwarte.
54. 4	1055	
58. 2	1129	Wärme der Hand in mäßiger Sommer-Luft, von verschiedenen Personen.
58. 9	1141	
55. 9	1082	Wärme der Luft, zur Zeit, da diese Wärme der Hände beobachtet worden.
59. 9	1160	schmelzende Butter.
61. 10	1201	schmelzend Unschlit.
64. 2	1246	gerinnend Wachs.
67. 3	1306	ein 10 bis 12 Gran schweres Stückchen Wachses ist ganz geschmolzen.
58. 5	1134	temperirt scheinendes Wasser.
73. 0	1417	siedend Wasser.
54. 0	1049	temperirte Luft.

Ueber diese Tafel ist anzumerken, daß alle Grade des Lufthermometers von dem ersten abhängen, weil dieser zum Grunde gelegt worden. Was Amontons temperirte Luft nennt, ist die vom Keller der Pariſischen Sternwarte, die sich von Winter zum Sommer fast gar nicht ändert. Sie scheint im Sommer kühl, im Winter warm zu seyn. Und dieses zeigt an sich schon, daß, was wir nach unserer Empfindung temperirt oder gemäßigte Wärme nennen, sich merklich nach der

der Jahrszeit ändert. Dieſes iſt nun auch von dem zu verſtehen, was Amontons temperirt Waſſer nennt. Von ſeinen beyden Angaben des ſchmelzenden und gerinnenden Wachſes iſt letztere zuverläßiger. Denn wenn das Wachs einmal geſchmolzen iſt, ſo laſſen ſich die fernere Grade der Wärme durch den bloßen Anblick nicht mehr erkennen. Wenn es hingegen wieder erkältet, ſo iſt die Wärme, wobey es ſeine glänzende Oberfläche und Durchſichtigkeit verliert, ein ſehr beſtimmter Grad von Wärme. Nur muß man ein Stückchen Wachs nehmen, das kaum eine Linſe groß iſt, weil größere Stücke nur nach und nach ihre Durchſichtigkeit verlieren. Ich habe den Verſuch mit weißem und gelbem Wachſe Winters und Sommers angeſtellt, und an gleichem Thermometer immer einerley Grad der Wärme gefunden. Gelb Wachs iſt beſſer zu gebrauchen, weil es erſt beym Gerinnen die Farbe wieder zeigt. Der Verſuch mit ſchmelzender Butter und Unſchlit iſt etwas mißlich. Das Unſchlit verliert ſeine glänzende Oberfläche erſt, nachdem es ſchon eine Zeitlang geronnen und merklich kälter geworden. Es bleibt bey der Beſtimmung des wahren Grades der Wärme eine Ungewißheit, und eben ſo auch in Anſehung der Butter. Was die Grade von der Wärme der Hand betrift, ſo hat Amontons den Verſuch mit mehrern Perſonen gemacht, und nebſt dem Grad des Thermometers auch die Anzahl der Pulsſchläge in einer Minute angemerkt. Dieſe fand ſich von 56 bis 80, verſchieden, ohne daß die Unterſchiede mit der Wärme anwuchſen.

Amontons Thermometer.		Lufſtthermometer.	Pulsſchläge
58″.	2‴	1, 129	68.
58.	5	1, 134	60, 70.
58.	6	1, 136	70, 80.
58.	7	1, 138	56, 74.
58.	9	1, 141	66.

§. 79.

Es ſind mit den Amontonſchen Thermometern und überhaupt mit Luftthermometern weniger Beobachtungen angeſtellt worden als mit andern Thermometern. Cruquius zu Spaardam, hat ein ſolches in den Jahren 1720—1723 zu Wetterbeobachtungen gebraucht, die er in den engliſchen *Philoſop. Transad.* No. 381. auszugsweiſe bekannt gemacht hat. Bey ſeinem Thermometer iſt 1070 der Grad des frierenden, und 1510 der Grad des ſiedenden Waſſers. Dieſe Grade ſtellen die Ausdehnung der Luft durch die Wärme bey gleichem Drucke, oder die

Kraft der Wärme bey gleicher Dichtigkeit vor. Sie sind demnach den Graden des Luftthermometers, die ich fernerhin beständig gebrauchen werde, proportional, so daß der Grad des siedenden Wassers $= \frac{1410}{1075}$. $1000 = 1411$ wird. Cruequius giebt die wahren mittlern Grade, (die nemlich nicht das Mittel zwischen den äußersten, sondern das Mittel aus allen sind) für jeden Monat der 4 Jahre von 1720—1723, an. Das Mittel von diesen 4 Jahren ist für jeden Monat, wie folgt.

Cruequius.	Luftthermom.	Monat.	Cruequius.	Luftthermom.	Monat.
1083	1012	Jenner.	1137	1063	Heumonat.
1085	1014	Hornung.	1140	1066	August.
1090	1019	März	1130	1056	Herbstmonat.
1108	1035	April.	1114	1041	Weinmonat.
1122	1049	May.	1099	1027	Wintermonat.
1134	1060	Brachmonat.	1090	1019	Christmonat.

§. 80.

Poleni gebrauchte zu seinen 40 Jahre lang fortgesetzten Wetterbeobachtungen ein Amontonsches Thermometer, bey welchem er den Druck in londonschen Zollen und deren Decimaltheilen bestimmte. Er fand denselben für frierend Wasser von 47,30 Zollen, für siedend Wasser von 63,10, folglich genaue $\frac{1}{3}$ größer. Dieses scheint aber zu wenig zu seyn. Ob das Wasser nicht stark genug kochete, oder Poleni, nur Kürze halber, die Verhältniß von 3 zu 4 angenommen, mag hier dahin gestellt bleiben. Die 47,30 Zoll Druck für die Kälte des frierenden Wassers sind schon hinreichend sein Thermometer auf das 1000theilige Luftthermometer zu reduciren, wenn wenigstens die Kugel groß genug war, um die Wärme dem Drucke proportional setzen zu können (§. 76. 77.) Seine Beobachtungen werden dermalen von Herrn Toaldo zu Padua bereits gut genützt. Ich begnüge mich folgende Grade herzusetzen:

Poleni.	Luftthermometer.	
47,30	1000	frierend Wasser.
49,90	1056	mittlere Nachmittagswärme zu Padua.
52,54	1118	1728, den 22sten Brachmon.
46,68	987	1758, den 27sten Jenner.

Digitized by Google

Diese in 40 Jahren beobachtete größte Hitze und größte Kälte ist sehr mäßig. Es hieng aber auch das Thermometer in einem Zimmer, und konnte demnach den Zustand der äußern Luft nicht anzeigen.

§. 81.

Ich werde nun noch umständlicher angeben, wie ich die Eintheilung und 3. Figur.
Berechnung des bereits vorhin (§. 72.) erwähnten Thermometers vorgenommen. Ich brauchte dazu Berliner Gewicht und Pariser Maaß, weil ich dieses letztere auch bey dem Barometer gebrauche. Das Glas hat eine Röhre von 291 Linien Länge, und eine Kugel von $11\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser. Es wog 364 Gran. Als ich die Kugel und die Röhre bis an einen bezeichneten Punct G mit Queckſilber füllte, fand ich das Gewicht 2318 Gran, wovon, das vom Glase abgezogen, 1954 Gran für das Queckſilber bleiben. Als ich nun die Röhre bis oben anfüllete, wog es in allem 2678 Gran; folglich nach Abzug des Gewichtes vom Glase, wog das Queckſilber 2314 Gran; folglich das in der Röhre von G bis D betrug $2314 - 1954 = 360$ Gran. Dadurch wird also die Verhältniß der Räume bekannt, und die Räume selbst in solchen Theilen ausgedruckt, deren ein jedes so groß als 1 Gran schwer Queckſilber ist.

§. 82.

Um ferner zu sehen, ob die Röhre gleich weit war, und um allenfalls die Ungleichheit in Rechnung zu bringen, ließ ich etwas Queckſilber in die Röhre, und fand die Länge desselben nicht aller Orten gleich. Es stund anfangs 21,8 Linien weit von D und erstreckte sich bis 73,9 Linien. Von hieran erstreckte es sich bis 124,2 Linien; sodann von da an bis 172,8 Linien, und dann von da an bis 219,2 Linien, endlich bis 263,6 Linien. Die Längen sind demnach

$$\begin{aligned} 73{,}9 - 21{,}8 &= 52{,}1 \\ 124{,}2 - 73{,}9 &= 50{,}3 \\ 172{,}8 - 124{,}2 &= 48{,}6 \\ 219{,}2 - 172{,}8 &= 46{,}4 \\ 263{,}6 - 219{,}2 &= 44{,}4 \end{aligned}$$

Da diese Längen merklich ungleich sind, so mußte dieser Ungleichheit Rechnung getragen werden. Das Gewicht des Queckſilbers war 62,6 Gran.

Digitized by Google

§. 83.

Nachdem ich das Instrument vorhin (§. 72.) erzähltermaaßen in siedendem Wasser gefüllt hatte, welches den 31sten Jenner 1776 bey der Barometerhöhe von $28''.5''' = 341$ Linien, geschehen, legte ich zur Berechnung die Höhe $EH = 11$ Zoll zum Grunde, um von da an die Ungleichheiten in der Weite der Röhre zu bestimmen. Diesen Punct fand ich 9 Zoll 3 Linien unter D. Sodann wog ich das Glas mit dem darinn befindlichen Quecksilber, und fand dessen Gewicht von 1283 Gran. Hievon das Gewicht des Glases abgezogen, bleiben 919 Gran für das Quecksilber. Nun ergab sich, vermöge der eben angeführten Ausmessungen, (§. 82.) daß in dem Theil der Röhre GH 208 Gran Quecksilber waren, folglich enthielt sodann der Theil BG $919 - 208 = 711$ Gran, wenn nemlich das Quecksilber gerade bis an den Punct H reichet. Da nun der Raum der Kugel und des Theiles FG 1954 Gran enthält, so bleiben $1954 - 711 = 1243$ Gran für den Raum AB, den die Luft alsdann in der Kugel einnimmt. Dieser Raum wird nun größer, wenn das Quecksilber über den Punct H hinaufsteigt, und aus den erst angeführten Ausmessungen (§. 82.) fand ich, daß, wenn $HC = y$ Zoll gesetzt wird, der Raum der Luft

$$e = 1243 + \tfrac{81}{4} \cdot y - \tfrac{1}{16} y\,y$$

Gran betrage.

§. 84.

Nun sey die Barometerhöhe $= b$ Zollen, so ist der gesammte Druck $= b + 11 + y$ Zollen. Folglich wenn wir m als einen Coefficienten annehmen, und durch c den Grad des Lufthermometers andeuten, haben wir

$$m\,c = (b + 11 + y) \cdot (1243 + \tfrac{81}{4}\,y - \tfrac{1}{16}\,y\,y)$$

Dieser Ausdruck ist von dem obigen (§. 75.) darinn verschieden, daß ich hier den Raum der Luft nicht durch Längen, sondern durch Grane Quecksilbers ausdrücke, und zugleich auch die ungleiche Weite der Röhre mit in Anschlag bringe. Dieses ändert aber nur den Werth des Coefficienten m, welcher durch einen wirklichen Versuch bestimmt werden muß.

§. 85.

Da ich bey diesem Thermometer auch alle kleinere Umstände in Betrachtung zu ziehen gesonnen war, so mußte ich besonders auch auf die Ausdehnung des Queckſilbers Rückſicht nehmen. Diese beträgt nach des *De l'Isle* und anderer Versuche vom frierenden zum siedenden Wasser 3 Theile auf 200. Sie hat auf dieses Thermometer einen gedoppelten Einfluß. Einmal ist bey mehrerer Wärme das

das Queckſilber leichter; folglich ſein Druck nicht durchaus der Höhe EC proportional. Eben dieſes gilt auch vom Barometer. Dieſes macht eine Reduction nothwendig. Es ſey C die Wärme des ſiedenden Waſſers, in Graden des Luftthermometers. Man lege ferner auch die Ausdehnung, ſo das Queckſilber in frierendem Waſſer hat, zum Grunde, ſo wird deſſen Ausdehnung in jedem andern Grad der Wärme c zu der im frierenden Waſſer

$$= \left(1 + \frac{c - 1000}{C - 1000} \cdot \frac{3}{200}\right) : 1$$

ſeyn. Die Höhe E C muß demnach durch

$$1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{c - 1000}{C - 1000}$$

getheilt werden, weil das Queckſilber um ſo viel weniger drückt. Auf eben die Art iſt auch die Barometerhöhe zu reduciren. Und da hiebey der Umſtand vorkömmt, daß dieſe beyden Inſtrumente nicht immer in einerley Wärme ſind, ſo ſieht man leicht, daß alsdann der Grad der Wärme c für jedes beſonders beſtimmt werden muß. Setzen wir die Wärme des Barometers $= \gamma$, ſo wird in der Formel (§. 84.) der Ausdruck $b + 11 + y$, in folgenden

$$\frac{200\,C - 200000}{200\,C + 3\,\gamma - 203000} \cdot b + \frac{200\,C - 200000}{200\,C + 3\,c - 203000} \cdot (11 + y)$$

verwandelt. Dieſes iſt die erſte Reduction.

§. 86.

Die andere gründet ſich darauf, daß durch die Ausdehnung des Queckſilbers der Raum der Luft nicht mehr ſo ſchlechthin durch y beſtimmt werden kann, ſondern davon ſo viel abgezogen werden muß als die mehrere Ausdehnung des Queckſilbers beträgt. Nun iſt der ganze Raum des Queckſilbers 919 Gran. Dieſer iſt aber in einem Zimmer beſtimmt worden, deſſen Wärme temperirt war, und 1040 Gran des Luftthermometers betrug, um demnach denſelben auf den Grad des frierenden Waſſers zu bringen, muß er durch

$$1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{40}{C - 1000}$$

getheilt werden. Und so wird er für jeden Grad der Wärme c,

$$= 919.\ [1 + \frac{3}{200}.\frac{c - 1000}{C - 1000}] : [1 + \frac{3}{2000}.\frac{40}{C - 1000}]$$

Gran betragen, demnach

$$919.\ \frac{3}{200}.\frac{c - 1040}{C - 1000} : [1 + \frac{3}{200}.\frac{40}{C - 1090}]$$

Gran mehr als zur Zeit, da die Ausmessung vorgenommen worden. Dieser Ausdruck wird demnach von dem Ausdruck (§. 84.)

$$1243 + \frac{61}{4}\,y - \frac{1}{16}\,y\,y$$

abgezogen, um den eigentlichen Raum der Luft im Thermometer zu erhalten. Noch ist anzumerken, daß wenn das Thermometer nur bis über die Kugel hinaus in warm Wasser gestellt wird, alsdann auch das Queckſilber in B F und dem Untertheil der Röhre einen andern Grad der Wärme erhält, als was über dem Wasser empor steht, und folglich auch hierüber Rechnung zu tragen ist.

§. 87.

Ich stellte nun den 31sten Jenner 1776 zween Versuche mit diesem Termometer an. Die damalige strenge Kälte machte, daß ich den Grad des frierenden Wassers genau in einem geschlossenen nicht gewärmten Zimmer hatte. In diesem stellete ich das Thermometer in Wasser, welches eben anfieng eine Kruste von Eis zu haben. Das Queckſilber stieg $1\frac{3}{10}$ Linie über den Punct H, folglich war $y = \frac{13}{125}$ Zoll. Das Barometer hieng in einer Stube, wo die Wärme 1040 Grade des Luftthermometers war, und stund auf 28 Zoll 5 Linien, folglich b = 28,417 Zoll. Und γ = 1040, c = 1000. Hiedurch wird nach dem (§. 85.) der Ausdruck b + 11 + y in folgenden verwandelt

$$11,1083 + \frac{28,416667}{1 + 3 : 5\,(C - 1000)}$$

und eben so wird zufolge des 85sten §. der Raum der Luft

$$= 1244,7 + \frac{110280}{200\,(C - 1000) + 120}$$

Digitized by Google

Gran befunden. Werden diese zween Werthe mit einander multiplicirt, so geben sie

$$1000m=[11,1083+\frac{28,416667}{1+3:5(C-1800)}]\cdot[1244,7+\frac{110280}{200(C-1000)+120}]$$

Dieses ist demnach die erste Gleichung zwischen m und C.

§. 88.

Gleich darauf brachte ich das Thermometer in die Stube, wo das Barometer war, und steckte es in siedend Wasser. Das Queckſilber stieg $9\frac{1}{12}$ Zoll über den Punct H, so daß demnach $y = 9,7083$ Zoll war. Da nun hier $c = C$, und $b = 28,16667$, $\gamma = 1040$, so findet sich mittelst dieser Werthe die zweyte Gleichung

$$mC=[1377,74-\frac{2757.(C-1040)}{200(C-1000)+120}]\cdot[20,402+\frac{28,41667}{1+3:5(C-1000}]$$

§. 89.

Aus diesen zwo Gleichungen findet sich nun der Werth

$$C = 1354.$$

welches demnach der Grad des siedenden Wassers bey der Barometerhöhe von 28 Zoll 5 Linien ist. Ohne auf die von dem Queckſilber herrührende Reductionen zu sehen, finde ich $C = 1375$. Da nun auch das Glas im siedenden Wasser um etwas erweitert worden, wodurch theils mehr Queckſilber in der Röhre enthalten war und der Raum der Luft aus beyden Gründen größer wurde, so dürfte der Werth 1375 dem wahren näher seyn als der Werth 1354. Ich werde als eine runde Zahl $C = 1370$ annehmen. Amontons fand 1417, (§. 78.) Cruciquius 1411, Poleni nur 1333. (§. 80.) Meine Bestimmung hält also ziemlich das Mittel. Man hatte überhaupt angenommen, das siedende Wasser dehne die Luft um $\frac{1}{3}$ Theil aus, aber das war von einer Luft zu verstehen, die nicht die Kälte des frierenden Wassers hatte, sondern ungefähr temperirt war. Ich habe übrigens dieses Thermometer hier umständlicher beschrieben, weil ich es noch zu andern Beobachtungen gebraucht habe. Zu gemeinen Beobachtungen habe ich eine bewegliche Stuffenleiter dabey angebracht, die sich, nachdem es die Veränderungen des Barometers erfordern, daran verschieben läßt.

§. 90.

Das in der 3ten Figur vorgestellte Glas kann noch auf eine andere Art als ein Thermometer gebraucht werden. Am leichtesten wird es dazu ge-

Digitized by Google

macht, wenn oben an der Kugel in A noch eine kleine Röhre ist. Die Röhre wird sodann in D zugeschmolzen, und das Glas gerade so mit Queckſilber gefüllt, wie, wenn es ein Barometer werden sollte. Auch muß die Röhre, die dazu erforderliche Höhe haben. Alsdann wird die Röhre in A zugeschmolzen. Und so hält die Luft in A der Queckſilbersäule E C das Gleichgewicht. Da hiebey der Druck der äußern Luft wegfällt, weil in C D ein luftleerer Raum ist, so wird in den vorhergehenden Rechnungen (§. 83. u. f.) $b = o$. Damit können sie auf diese Art von Luftthermometern ebenfalls angewandt werden. Ich habe mir ein solches 1751 verfertiget, um seinen Gang mit dem von andern Thermometern zu vergleichen. Dermalen habe ich nur noch die Stuffenleiter und die damit angestellten Beobachtungen.

§. 91.

Wolf in seinen nützlichen Versuchen giebt noch eine Art von Luftthermometern an. Sie besteht bloß aus einem Thermometerglas, in dessen Röhre ein wenig Queckſilber gelassen wird. Wenn also in der ersten Figur das Gefäßchen B wegbleibt, und man läßt in der Röhre nur eine kleine Menge Queckſilbers C c, so stellt sie ein solches Thermometer vor. Man kann es legen oder stellen. Wenn es liegt, so hält die innere Luft allezeit dem Drucke der äußern das Gleichgewicht; und so ist die Wärme in Verhältniß sowohl dieses Druckes als des Raumes A C, den die Luft jedesmal einnimmt. Stellt man es aber so, daß die Kugel oben ist, so muß von der Barometerhöhe die Höhe der Columne C c abgezogen werden. Hingegen wird sie addirt, wenn die Kugel unten zu stehen kömmt. Das Queckſilber bewegt sich darinn, so zu sagen, sprungsweise, weil allemal eine Uebermacht erfordert wird, um das Anreiben zu überwältigen. Es theilt sich auch das Queckſilber leicht, so daß einzelne Stückchen davon in der Röhre liegen bleiben, oder wenn sie aufgerichtet ist, herabfallen.

1. Figur.

§. 92.

Unter den verschiedenen Arten die Wärme der Körper, mittelst der Ausdehnung der Luft zu bestimmen, oder beyde mit einander zu vergleichen, gehört auch noch die von Hrn. Robin in seinen Grundsätzen der Artillerie angeführte. Er ließ eine eiserne Röhre, die am einen Ende geschlossen war, und am andern eine sehr kleine Oeffnung hatte, im Schmiedefeuer weißglühend werden, und verdünnete dadurch die Luft in der Röhre, so viel sie in diesem Grade der Hitze verdünnet werden konnte. Ehe er sie aus dem Feuer nahm, verstopfte er die Oeffnung mit einem eisern Drat, und ließ sie sodann in Wasser erkälten, ohne daß sich Wasser oder Dünste hineinziehen konnte. Den Drat zog er nachgehends unter

dem

dem Wasser heraus, und das Wasser füllete allen Raum aus, den die noch übrige Luft auszufüllen gestattete. Er fand in drey Versuchen, daß 610, 595, 600 Gran Wassers hineingetreten waren. Die ganze Röhre enthielt 796 Gran Wassers. Also war noch so viel Luft darinn geblieben, als 186, 201, 196 Gran Wassers zu Raume austragen. Demnach nur noch ungefähr der $\frac{1}{4}$ Theil; oder wenn aus den drey Versuchen das Mittel genommen wird $194\frac{1}{3}$ Theile von 796. Die Luft hat sich demnach im weißglühenden Eisen in der Verhältniß $194\frac{1}{3}$: 796 = 1: 4,01 ausgedehnt. Robin sagt nicht, welches damals die Wärme der Luft war, noch in welcher Jahrszeit er den Versuch angestellt hatte. Da das Wasser nicht gefroren war, so konnte es wohl nicht im strengsten Winter gewesen seyn. Auch wohl nicht in der größten Sommerhitze. Wenn wir indessen den Grad auf 1050 setzen, welches nach des Crufquius Beobachtungen, (§. 79.) der vom Maymonat ist, so folgt, daß der Grad des weißglühenden Eisens auf 4,01. 1050 = 4210 des Luftthermometers gesetzt werden kann. Hiedurch wird also die größte Hitze des Feuers bestimmt, so daß nicht bloß weißglühendes, sondern völlig schmelzendes und stark fließendes Eisen gar wohl auf 5000 gesetzt werden kann.

Viertes Hauptſtück.

Thermometer von andern flüßigen Materien.

Erſter Abſchnitt.

Vorläufige Betrachtungen.

§. 93.

Wenn man nach dem eigentlichen Sinn des Wortes, durch Thermometer ein Werkzeug verſteht, welches die Grade der Wärme unmittelbar und genau anzeigt, ſo konnte das Drebbelſche ſchon dadurch dieſen Namen nicht behaupten, weil dabey der Druck der äußern Luft mit in Betrachtung kömmt. Es zeigt alſo die Grade der Wärme nicht unmittelbar an, ſondern dieſer muß erſt durch Rechnung gefunden werden. Nun hätte die Art dieſe Rechnung vorzunehmen ſchon von Mariotte können gefunden werden. Er blieb aber bey ſeinem Satze vom Maaße der Schnellkraft der Luft, ohne darauf zu ſehen, wie fern derſelbe durch die Veränderung der Wärme verändert werden muß. Dieſes that Amontons und fand wenig Gehör. Das Drebbelſche Thermometer war einmal ſchon zu ſehr verworfen, als daß es ſo leicht wieder hervorgezogen werden konnte. Amontons gab endlich auch ſelbſt den Anſchlag, ſein Luftthermometer nur in ſo fern beyzubehalten, als es dienen konnte, die Florentiniſchen Thermometer damit zu vergleichen, und mit demſelben übereinſtimmend zu machen.

§. 94.

Dieſes war nun freylich ein Umweg, den man nicht betreten wollte. Man hatte auch ſchon im vorigen Jahrhunderte einige Rückſicht auf gewiſſe Grade der Wärme genommen, die man zum Grunde legen, und die Thermometer denſelben gemäß eintheilen könnte. Anfangs begnügte man ſich die freylich zu unbeſtimmte Grade der Sommerwärme und Winterkälte, als die äußerſten der zu Wetterbeobachtungen eingerichteten Thermometer zum Grunde zu legen und beyden noch etwas zuzugeben, damit je die Stuffenleiter und die Röhre nicht zu kurz ausfalle. (§. 26. 32.) Die Florentiniſche Akademie gieng hierinn nicht weiter. Ich finde auch die erſten Spuren einer beſtimmtern Eintheilungsart in des *Dalencé* Traité des Barometres, Thermometres & Notiometres. Er ſagt darinn: „daß man „alle Thermometer übereinſtimmend machen könnte, wenn man folgendes Ver-

„fahren dabey gebrauchen wollte.„ Dieses Verfahren ist zweyfach. Bey dem ersten legt er die Kälte der Luft, wenn es anfängt zu frieren, und den Grad der Wärme, wobey Butter zu schmelzen anfängt zum Grunde. Diese Grade soll man auf dem Thermometer bezeichnen, und den Zwischenraum in 20 Theile theilen, wovon 10 von der Mitte aufwärts, und die 10 andere herunterwärts gezählt werden. Die Mitte sieht *Dalencé* als den Grad der gemäßigten Wärme an. Zu diesen 20 Graden, nimmt er noch oben und unten 5 hinzu, um die Sommerwärme und Winterkälte zu bestimmen. Hier ist der Grad der schmelzenden Butter etwas unbestimmt. Nach Amontons müßte es der 1180ste des Lufthermometers seyn. (§. 78.) Dieses ist zu viel. Amontons scheint einen Grad angenommen zu haben, wo die Butter schnell wegschmelzt. Und dieser ist weit über die Sommerwärme hinaus, weil selbst nach Amontons die größte von ihm beobachtete Wärme der Hand nur auf 1141 Grade geht. Ich finde, daß geschmolzene Butter beym 1106 Grad anfängt zu stocken. Und *Dalencé* spricht so, daß selbst im Sommer ein auf das Thermometer gelegtes Stückchen Butter zerfließen könne, ohne eben an der Sonne zu liegen. Er versteht demnach unstreitig den geringsten Grad der Wärme, wobey Butter zerfließen kann. Seine Eintheilung kann demnach folgendermaaßen mit dem Lufthermometer verglichen werden.

Dalencé.	Lufthermometer.	
+ 15	1132, 5	Sommerwärme.
+ 10	1106	schmelzende Butter.
+ 5	1079, 5	warm.
0	1053	gemäßigte Wärme.
— 5	1026, 5	frisch.
— 10	1000	Kälte zum frieren.
— 15	973, 5	Winterkälte.

Die gemäßigte Wärme fiel demnach auf den 1053sten Grad. Daran fehlt eben nicht viel. Man sieht aus den Beobachtungen des Crucquius, (§. 79.) daß dieser Grad sehr nahe, der mittlere Grad der Wärme im May und im Herbstmonat ist.

§. 95.

Die andere Art zu verfahren, die *Dalencé* angiebt, und die er selbst als von der ersten verschieden ansieht, gründet sich 1°. auf den Grad der Tempera-

tur in tiefen verſchloſſenen Kellern. 2°. Auf den Grad der Kälte des zerſtoßenen und mit Küchenſalz vermiſchten Eiſes. Bey dieſem letztern Grad hätte angegeben werden müſſen, wie viel Salz zu nehmen ſey. Ich finde, daß, wenn Schnee und Salz zu gleichen Theilen gemiſcht werden, der 918 Grad des Luftthermometers in der Miſchung ſtatt findet, der Schnee mag nun dieſe Kälte ſchon gehabt haben oder nicht. Der Unterſchied iſt nur, daß, wenn der Schnee an ſich ſchon ſo kalt iſt, wie er es den 27ſten Jenner 1776 war, derſelbe bey der Vermiſchung mit eben ſo kaltem Salze nicht ſchmelzt. Dieſes geſchieht hingegen, und zwar deſto geſchwinder, je geringer die Kälte des Schnees iſt. *Dalencé* hat nun aber einen ſo ſtarken Grad der Kälte nicht im Sinne gehabt. Die Temperatur tiefer Keller trift auf den 1054ſten Grad. Nun iſt $1054 - 918 = 136$. Und *Dalencé* will, daß man ebenfalls 136 Grade über den 1054 hinauf zähle. Damit verfällt man auf den 1190ſten Grad. Dieſer geht weit über die Sommerhitze ſelbſt an der Sonne hinaus. *Dalencé* ſagt übrigens nicht, was er durch dieſen Grad will verſtanden wiſſen. Und ſo ſcheint es, er habe nur wollen eine Eintheilung angeben, die gewiß nicht zu klein ſey. Auch begnügt er ſich zu ſagen, man könne den Grad des Froſtes durch Beobachtung beſtimmen und auf der Stufenleiter anzeichnen.

§. 96.

Ich habe die Auflage von 1688, die vermuthlich die erſte von des *Dalencé* Tractat iſt. Fünf Jahr nachher ſtellte Halley ſeine Verſuche zur Beſtimmung beſtändiger Grade der Wärme und der Ausdehnung der Luft, des Weingeiſtes und des Queckſilbers an. (§. 34.) Er ließ es aber auch bey der bloßen Angabe bewenden. Man fand immer noch zu viele Mängel an den Thermometern, und noch im gegenwärtigen Jahrhundert war es ein Lehrſatz in der Aerometrie, daß man beſſer thun würde, die Thermometer nur Thermoſcope zu nennen, gerade als wenn mit einem andern Namen der Sache geholfen wäre. Man ſtund an, ob die eigentliche Grade der Wärme den Graden der Ausdehnung wirklich proportional ſeyn. Und wenn auch dieſes ſtatt finden ſollte, ſo war noch ebenfalls die Frage, bey welchem Grade man anfangen müſſe zu zählen. Dieſe Frage iſt bey Thermometern von Weingeiſt, an die man ſchon ganz gewöhnt war, allerdingſt ſehr wichtig. *Carlo Renaldini* ſchlug zu dieſem Ende vor, kaltes und ſiedendes Waſſer nach ſtuffenweiſe fortgehenden Verhältniſſen zu miſchen, um ebenfalls ſtuffenweiſe fortgehende Grade der Wärme zu erhalten, die auf dem in die Miſchung geſetzten Thermometer angezeichnet werden konnten. *Renaldini* that es ſelbſt nicht, und fand ganz im Gegentheile an Wolfen einen Gegner, der in ſeinem Vorſchlage Trugſchlüſſe fand, die doch in der That nicht darinn ſind. *Renaldini* ſagt, man ſoll 1, 2, 3 : : : : : 11 Theile ſiedend Waſſer unter 11, 10, 9 : : : : :

1 Theil kaltes mischen, so werde man zwölf gleiche Stuffen von Wärme erhalten. Wolf sagt hingegen, diese Stuffen werden nicht gleich groß, sondern $\frac{1}{11}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$: : : : : $\frac{1}{1}$ seyn. Dieses würde statt finden, wenn man z. E. aus 1 Theil warmen Wasser den Ueberschuß seiner Wärme herausnehmen, und in die 11 Theil kaltes Wasser bringen könnte. Dieses geht nicht an. Daher mischt *Renaldini* den 1 Theil warmen Wassers mit den 11 Theilen kaltes. Die Mischung besteht offenbar aus 12 Theilen, und auf diese wird die Wärme vertheilt. Sie ist demnach in jedem Theil $\frac{1}{12}$ und nicht $\frac{1}{11}$, wie Wolf vorgab. Ich finde auch, daß Boerhave, Martine, Richmann, *Le Sage*, *de Luc*, und andere sich an Wolfens Urtheil nicht gekehrt, sondern die Versuche selbst angestellt haben. Es zeigte sich daraus, daß des *Renaldini* Vorschlag besser aufgenommen zu werden verdient hätte, wenn auch gleich weder eine geometrische Genauigkeit dabey vorkommt, noch der Grad der absoluten Kälte dadurch bestimmt werden kann.

§. 97.

Mit dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts fiengen die Thermometer an, ein besseres Schicksal zu erhalten. Amontons Verdienste darum, habe ich bereits im vorhergehenden Hauptstück angezeigt Um gleiche Zeit gab auch Newton seine Beobachtungen über verschiedene bestimmte Grade der Wärme in den Philosoph. Transact. jedoch nicht unter seinem Namen heraus. In Danzig war damals auch schon Fahrenheit mit Thermometern beschäftigt. Er hatte, wie Hanov in seinen Merkwürdigkeiten der Natur und Kunst berichtet, eines vor dem Fenster hangen. Hanov fand noch das Verzeichniß, der von Fahrenheit während des kalten Winters 1709 beobachteten Grade des Thermometers. Fahrenheit zog 1713 von Danzig weg, und verehrte Wolfen zwey seiner Thermometer, die zu Wolfens Verwunderung immer mit einander übereinstimmten. Fahrenheit fand in Holland und England bessere Aufnahme, und besonders an Boerhave einen guten Rathgeber. Auch fieng er an, seine Thermometer mit Queckſilber zu füllen, und den Grad des siedenden Wassers zum Grunde zu legen, wobey er aber jedoch fand, daß dieser Grad sich nach dem Stande des Barometers richtet.

§. 98.

Die Frage: Ob die Grade der Ausdehnung den Graden der Wärme proportional seyn? veranlaßte ganz ungezwungen eine andere: nemlich, ob bey einerley Graden der Wärme die Grade der Ausdehnung bey verschiedenen Materien einander proportional blieben. Diese Frage war nun unstreitig leichter durch Versuche zu bestimmen. Fahrenheit hoffte damit zu Stande zu kommen, daß er

übereinſtimmende Thermometer von Weingeiſt und Queckſilber würde machen können. Der Verſuch ſchlug fehl. Fahrenheit glaubte, daß die Schuld an dem Unterſchiede der Gläſer liege. Boerhave wußte ihm auch keinen andern Grund anzugeben. Der wahre Grund ſollte aber eigentlich dieſer ſeyn, daß wenn flüſſige Materien, ſowohl dem Sieden als dem Frieren nahe ſind, ihre Ausdehnung anfängt, ungleichförmig zu werden, und daß wenn ſie eingeſchloſſen ſind, ihre Ausdehnung ebenfalls nach andern Geſetzen fortgeht, als wenn ſie ſich ganz frey ausdehnen können.

§. 99.

Reaumur iſt, ſo viel ich weis, der erſte, der hierauf Achtung gegeben. Indeſſen gab er dem Weingeiſte vor dem Queckſilber den Vorzug dergeſtalt, daß er die genauere Vergleichung wo nicht ganz unterließ, doch wenigſtens gar nicht bekannt machte. Dieſes nahm endlich *Micheli du Crest* vor. Er verfertigte Thermometer von Weingeiſt, Leinöl und Queckſilber, um den Gang derſelben mit einander zu vergleichen. Er fand Unterſchiede dabey, die gar nicht unerheblich ſind. Eben dieſes fanden nach ihm auch Brander, *de Luc*, Strohmayer und andere. Dieſe Ungleichheiten vermehrten nun den Zweifel, den man ſchon hatte, ob nemlich die Grade der Wärme mit der Ausdehnung der Cörper zu gleichen Schritten gehen oder nicht. Denn da die Ausdehnung verſchiedener Materien einander nicht proportional bleibt, ſo kann dieſelbe nicht ſo ſchlechthin als das Maaß der Wärme angeſehen werden. Dabey iſt nun die Frage: welche Materie dem Wahren am nächſten komme, oder wie mittelſt der Ausdehnung der Grad der Wärme beſtimmt werden könnte, ſehr natürlich. Dieſe Frage war nun eben der Anlaß, warum *Le Sage*, und nach ihm *de Luc* des *Renaldi* Vorſchlag (§. 96.) wieder hervorzogen, und beſonders letzterer ſehr umſtändliche Verſuche darüber anſtellte.

§. 100.

Bey allem dieſem ſchien man zu vergeſſen, oder wenigſtens gar nicht daran zu denken, daß man das, ſo man ſuchte, an dem Amontonſchen Thermometer bereits hatte. Man wollte bey den Thermometern ſolche Stuffenleitern anbringen, die nicht bloß den Grad der Ausdehnung, ſondern die eigentlichen Grade der Wärme anzeigen ſollten. Man hätte nur genauer nachſehen ſollen, was man durch Grade der Wärme zu verſtehen habe. Denn das unbeſtimmte in dieſem Ausdrucke machte eben, daß man weder wußte, was man ſchon hatte nach was ferner zu ſuchen blieb. Bey der Wärme kommt 1. die Menge, 2. die Dichtigkeit, 3. die Kraft der Feuertheilchen vor. Und dieſe drey Stücke ſind in verſchiedenen Körpern ſo ſehr verſchieden, daß man auf jeden beſonders Rückſicht nehmen muß.

§. 101.

Nun war man ſchon gewöhnt zu urtheilen, daß z. E. verſchiedene Materien einerley Grad der Wärme haben, wenn ein und eben das Thermometer in demſelben einerley Grad der Ausdehnung anzeigt. Bey dieſem Urtheile konnte man aber durch Grad der Wärme nichts anders als Kraft der Wärme verſtehen, und zwar diejenige Kraft, welche in wärmern Körpern größer, in kältern Körpern geringer iſt, und welche eben daher machet, daß die Wärme ſich aus jenen in dieſe hinüber zieht, bis ein völliges Gleichgewicht ſtatt hat, das will ſagen, bis die Körper gleich warm ſind. Es iſt nun aber das Maaß dieſer Kraft in der Luft durch den Amontonſchen Lehrſatz (§. 49.) ſehr gut und richtig beſtimmt, und ſo hatte man wirklich ſchon, was man erſt noch ſuchen wollte, nemlich das wahre Maaß von den Graden der Wärme.

§. 102.

Ich habe aber vorhin (§. 100.) außer der Kraft der Feuertheilchen noch ihrer Menge und Dichtigkeit Erwähnung gethan, und ſelbſt auch im vorhergehenden Hauptſtücke mich auf den Begriff der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft eingeſchränkt (§. 53.) weil in der That der Amontonſche Satz unmittelbar nur von dieſer Kraft das wahre Maaß angiebt. Da ſich demnach die Kraft der Wärme ſelbſt in der Luft nach ihrer Dichtigkeit richtet, ſo daß einerley Wärme in dichterer Luft mehr Kraft hat als in dünnerer; ſo iſt kein Zweifel, daß nicht auch in andern Körpern einerley Wärme ganz verſchiedene Kräfte haben werde. Man ſieht aber ohne Mühe, daß dieſe Verſchiedenheit von den Körpern ſelbſt herrührt, und daß ſie ohne Nachtheil des vorhin (§. 101.) erwähnten Gleichgewichtes ſtatt haben kann. Die Kraft der Wärme in den Körpern ſelbſt kann von der Kraft, die ſie gegen die umliegenden und berührenden Körpern äußert, ſehr verſchieden ſeyn. Es fordert aber eben dieſes Gleichgewicht, daß beyde auf eine proportionale Art zu und abnehmen, wenn ſie ſich verändern.

Digitized by Google

Zweyter Abſchnitt.

Newtons Thermometer von Leinöl.

§. 103.

Man findet in *Newtons Principiis*, daß derſelbe ſchon vor dem Jahr 1686 auf die Beſtimmung der Grade der Wärme gedacht habe. Er ſagt bey Gelegenheit des Cometen von 1680, daß er durch Erfahrung gefunden, die Hitze des ſiedenden Waſſers ſey dreymal größer als die Sommerwärme, und er muthmaße, daß die Hitze eines glühenden Eiſens 3 bis 4mal größer ſey als die vom ſiedenden Waſſer. Es erhellet hieraus, daß Newton die Hitze des ſiedenden Waſſers als einen ziemlich beſtimmten Grad angeſehen habe. Ich finde auch nicht, warum er anders hätte denken ſollen. Man wußte von allen Zeiten her, daß ſiedendes Waſſer, die zum Schmelzen des Zinnes und Bleyes erforderliche Hitze nicht hat, und folglich das Waſſer nicht über einen gewiſſen Grad erwärmt werden könne. Newton ſetzt dieſes als bekannt voraus, iſt aber zugleich darauf bedacht, den Grad ſelbſt zu beſtimmen. Hingegen machte Halley 1692 und Amontons 1702 viel Weſens daraus, daß ſiedendes Waſſer nur bis auf einen gewiſſen Grad warm werde, und daher zur Eintheilung der Thermometer gebraucht werden könne. Und doch fand nachgehends Fahrenheit, daß dieſer Grad nicht ſo ganz unveränderlich iſt, ſondern ſich mit der Schwere der Luft ändert. Die Aenderung iſt übrigens geringe.

§. 104.

Newton ſagt an erwähntem Orte weiter nicht, woraus man urtheilen könnte, wie er ſeine Grade will verſtanden wiſſen. Es iſt aber aus den Verhältniſſen dieſer Grade unter ſich zu vermuthen, daß er den 0 Grad der Wärme dahin geſetzt habe, wo wir unſerer Empfindung nach ſagen, daß es anfange kalt zu werden. Wenn wir alſo nach *Poleni* (§. 80.) die Sommerwärme auf 1120, und nach (§. 89.) den Grad des ſiedenden Waſſers auf 1370 ſetzen, ſo iſt der Unterſchied 1370 — 1110 = 250, und die Hälfte dieſes Unterſchiedes = 125. Dieſe von 1120 abgezogen, giebt den 995ſten Grad als denjenigen an, welchen Newton = 0 geſetzt haben mag. Da dieſer Grad nur wenig geringer als der von frierendem Waſſer iſt, ſo läßt ſich vermuthen, daß Newton eigentlich dieſen Grad zum Grunde gelegt habe. Auf dieſe Art entſteht folgende Vergleichung:

Newton

Newton	Lufttherm. meter.	
0	1000	frierend Waſſer.
1	1123⅓	Sommerwärme.
3	1370	ſiedend Waſſer.
9	2110	glühend Eiſen.
12	2480	

Dieſer Grad des glühenden Eiſens iſt zu gering (§. 92.) Newton giebt ihn auch nur unter der Bedingung an, wenn er richtig muthmaße. Auch fand er ihn nachher merklich größer.

§. 105.

Im Aprilmonat der Philoſoph. Transact. 1701. gab Newton, ohne ſich zu nennen, eine Stuffenleiter verſchiedener Grade der Wärme und Kälte an, wobey ſein Verfahren umſtändlicher beſchrieben iſt. Zu den Graden, die geringer als die von der Hitze des ſchmelzenden Zinnes ſind, gebrauchte er ein Thermometer von Leinöl. Er legte die Kälte des ſchmelzenden Schnees zum Grunde, und fieng von demſelben an die Grade der Wärme zu zählen, indem er den Raum des Leinöls in 10000 Theile theilte. In ſtark ſiedendem Waſſer dehnte ſich das Leinöl auf 10725 Theile aus, und in geſchmolzenem Zinn, wenn es anfängt ſeine Flüſſigkeit zu verlieren, gieng die Ausdehnung bis auf 11516 Theile. Dieſe Art ein Thermometer zu verfertigen und einzutheilen, hätte können beybehalten werden. Newton gieng aber ſelbſt davon ab. Er nahm das Wort Wärme in dem oben (§. 17.) erwähnten engern Verſtande. Und da er vermuthlich die ſogenannte temperirte Wärme zu unbeſtimmt fand, ſahe er die Kälte des frierenden Waſſers, als den erſten Grad oder den Anfang der Kälte, und zugleich auch als den Anfang der Wärme an. Sodann gebrauchte er die äußere Wärme des menſchlichen Leibes als den eigentlich poſitiven Grad der Wärme, und theilte denſelben in zwölf gleiche Theile, und ſo theilte er ſein Thermometer ein. Den Grad des ſiedenden Waſſers fand er nach dieſer Eintheilung 34. Seine mit dieſem Thermometer angeſtellten Beobachtungen ſind folgende:

Newton	Luftthermometer.	
0	1000	frierend Waſſer, ſchmelzender Schnee.
4	1044	Frühlings- und Herbſtwärme.
6	1065	Sommerwärme.
12	1130	Wärme des Leibes, auch zum Eyerbrüten.
$14\frac{2}{11}$	1155	Waſſer, worinn man die Hand lange halten kann.
17	1185	Waſſer, zu warm für die Hand.
$20\frac{2}{11}$	1224	Waſſer, worinn geſchmolzen Wachs anfängt undurchſichtig zu werden.
24	1261	Waſſer, worinn Wachs noch nicht aufbrauſet.
34	1370	ſtark ſiedend Waſſer. Schnelloth von 5 Theilen Bismuth, 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley erhält ſich darinn beynahe flüßig.
$40\frac{4}{11}$	1447	Wärme, worinn ein Schnelloth von 5 Theilen Bismuth, 4 Theilen Zinn, 1 Theil Bley ſchmelzt.
48	1522	ſchmelzendes Schnelloth von gleich viel Zinn und Bismuth.
57	1620	ſchmelzend Loth von 2 Theilen Zinn, 1 Theil Bismuth. imgleichen von 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley. ſtockend Loth von 5 Theilen Zinn, 2 Theilen Bismuth. imgleichen von gleich viel Zinn und Bismuth.
68	1740	ſchmelzend Loth von 1 Theil Bismuth und 8 Theilen Zinn.
70	1763	ſtockend Zinn.
72	1785	ſchmelzend Zinn.

§. 106.

Die für die Frühlings- und Sommerwärme angeſetzte Grade ſind an ſich merklich unbeſtimmt. Und eben ſo richtet ſich auch die der Hand erträgliche Wärme des Waſſers ſehr merklich nach der Gewohnheit und beſonders auch nach der Jahrszeit. Die zum Eyerbrüten nöthige Wärme mag bey verſchiedenen Vögeln um etwas verſchieden ſeyn. Ueberhaupt aber wird ſie um etwas größer als die Wärme der Hand angeſetzt. Newton giebt ferner hier zween Grade für ſtockendes und ſtarkflüßiges Wachs an. Amontons fand beyde etwas größer, jedoch wird der Unterſchied vermindert, wenn wir Amontons Grad der Hitze des ſiedenden Waſſers, den er gerade hin auf 73 Zoll ſetzt und 1417 Grad des luftthermometers austrägt, um ſo viel vermindern, daß er nur 1370 Grade betrage (§. 78. 89.)

Digitized by Google

§. 107.

Allem Ansehen nach hat der Umstand, daß Newton diese Grade der Wärme nicht unter seinem Namen bekannt gemacht, dem Amontons Anlaß gegeben, diesen ungenannten desto dreister anzugreifen, und an den Beobachtungen so viel möglich und mehr als es seyn sollte, zu tadeln, und Erfahrungen gegen Erfahrungen zu setzen. Newton hatte es mit Cartesen zu arg gemacht, und Cartes war damals zu Paris, was Aristoteles bey den Scholastikern war. Dazu kam nun noch, daß der beständige Grad der Wärme des siedenden Wassers, den Amontons im Jahr 1702 als seine Erfindung und als ganz neu ausgab, in England nicht mehr neu war. (§. 105. 103. 34.) Amontons konnte übrigens gar wohl von ältern Bemerkungen nichts gewußt haben. Und sein Thermometer war ein solcher Anlaß zu Versuchen, den Amontons nicht wohl ungenützt konnte hingehen lassen. Er konnte demnach allerdings mit seinem Thermometer den Versuch von der Wärme des siedenden Wassers vornehmen, von dem man damals glaubte, daß er mit den Florentinischen Thermometern von Weingeist nicht vorgenommen werden konnte, weil der Weingeist eher siedet, als Wasser.

§. 108.

Newton wurde also erstlich getadelt, daß er den o Grad der Wärme beym frierenden Wasser zu finden glaubte, und von da an, die übrige Grade zählte. Dieser Tadel wollte aber eigentlich nichts mehr sagen, als daß Newton den Grad der absoluten Kälte nicht bestimmt hat. Denn übrigens spricht Newton allerdings von Graden der Kälte so, daß er diese von dem o Grad seines Thermometers unterwärts zählt. In dieser Absicht läuft demnach der Tadel auf einen Wortstreit hinaus. Newton nennte nur das warm, was wir als warm empfinden. Amontons hingegen nannte warm alles, was noch kälter werden konnte. Hierinn gieng demnach Amontons weiter, und mit gutem Erfolge.

§. 109.

Amontons hält sich ferner sehr dabey auf, daß seine Versuche und Beobachtungen über die Frühlings- und Sommerwärme und über die Wärme des Leibes von den Newtonischen abgehen. Er konnte sich immer begnügen zu sagen, daß diese Grade nicht immer gleich sind: Newton selbst giebt mehrere an. Er setzt Winterkälte auf 0, 1, 2, Frühlings- und Herbstwetter auf 2, 3, 4, Sommerwärme auf 4, 5, 6. Und da er vom frierenden zum siedenden Wasser nur 34 Grade zählet, so sieht man, daß seine Grade sehr groß sind, und daß Newton sie nur überhaupt angiebt. Newton begnügte sich ferner, nicht nur den

Digitized by Google

Grad anzugeben, welchen das Thermometer anzeigt, wenn man es in der Hand oder an den Leib hält. Er wollte auch wissen, wie es sich verhalte, wenn die Hand in warmes Wasser gehalten wird. Hier fand er größere Grade. Amontons hingegen machte den Versuch nicht mit heißem oder wärmen, sondern mit lauem Wasser, welches ihm nemlich weder warm noch kalt vorkam. Und da sein Thermometer nicht weiter als bis zum Grade des siedenden Wassers reichte, ungeachtet es ganz wohl weiter hätte reichen können, so dachte Amontons auf andere Versuche, um auch die größern Grade von Hitze, die Newton angegeben hatte, prüfen zu können. Hierinn aber blieb Amontons sehr hinter Newton zurück. Er tadelte Newtonen, wo er ihm hätte folgen können.

Dritter Abschnitt.

Fahrenheits Thermometer.

§. 110.

Fahrenheit trat ungefähr zu gleicher Zeit mit Amontons und Newton auf, wiewohl sein Name erst nach 1713 bekannter wurde. Dieser Umstand, und besonders auch, daß er seine Kunstgriffe Anfangs nicht bekannt machen wollte, breitet über den Anfang der Geschichte seiner Thermometer einige Dunkelheit aus. Wolf erzählt in den Actis Erudit. 1714. kaum etwas mehr, als daß die zwey Thermometer, so er von Fahrenheit erhalten, gut mit einander übereinstimmten. Dieses war damals desto unerhörter, weil sie an einem Brettchen neben einander geheftet waren, und eine gemeinsame Stuffenleiter hatten. Und dieses war zwar an sich nicht nöthig, weil größere Ausdehnungen durch größere Grade angezeigt werden können. Es trug aber, zumal bey schnellen Veränderungen der Wärme, zur Gleichheit des Ganges beyder Thermometer mit bey, zeigte mehrere Kunst an, und diente zugleich sie verborgener zu halten. Wolf errieth auch das Kunststück nicht, weil er es in den Salzen suchte, womit der Gang des sich stärker ausdehnenden Weingeistes, seiner Meynung nach, mußte geschwächt werden. Wolf beschreibt übrigens die beyden Thermometer und ihre gemeinsame Stuffenleiter sehr genau. Indessen war diese Stuffenleiter weder die erste noch die letzte, die Fahrenheit gebraucht hatte, wiewohl er übrigens die zum Grunde gelegte Grade bey diesen Veränderungen beybehielt.

§. 111.

Diese Grade sind 1°. der von Schnee oder gestoßenem Eise, welches mit Salarmoniac vermischt worden. 2°. Der von der Wärme des menschlichen Lei-

bes. Den Zwischenraum theilte er Anfangs in 180 gleiche Theile, von denen er 90 aufwärts, und eben so viele unterwärts zählte, vielleicht auch noch oben und unten zu etwa 10 Graden Raum ließ, um 100 Grade der Wärme, und eben so viele Grade der Kälte zu haben. Dieses ist die Eintheilung des vohin (§. 97) erwähnten Thermometers zu Danzig. Solche verfertigte Fahrenheit noch im Jahr 1712, da er zu Berlin war, und er theilte eines der damaligen Königl. Societät der Wissenschaften mit, welches schon lange nicht mehr vorräthig ist. Nach dem, was Grischov im 6ten Bande der Miscell. Berolin. erzählt, hat damals ein junger Mathematiker Barnsdorf etwas von Fahrenheits Eintheilungsart erfahren. Fahrenheit änderte hierauf seine Stuffenleiter, und gab seinen Thermometern eine geschmeidigere Größe.

§. 112.

Diese geänderte Stuffenleiter ist nun die, welche Wolf an seinen Thermometern vorfand. Anstatt der 2mal 90 Grade zählte nun Fahrenheit nur 24, und zwar in einem fort von unten herauf. Und da diese Theile noch merklich groß waren, so bemerkte er bey jedem noch die Viertheltheile. Endlich mag ihm Boerhave angerathen haben, diese Viertel als ganze anzusehen, und damit 96 Grade zwischen dem Froste des gesalzenen Eises und der Wärme des Leibes anzusetzen, zugleich aber auch anstatt des Weingeistes Quecksilber zu gebrauchen und für besondere chymische Versuche die Stuffenleitern bis zur Hitze des siedenden Queckſilbers zu erweitern, welches ungefähr beym 600ten dieser Grade eintraf.

§. 113.

Bey dieser letzten Eintheilung ist nun Fahrenheit geblieben, und sie ist noch dermalen lange nach seinem Tode üblich. Boerhave und Muſſenbroeck gebrauchen sie durchaus, und überdies hat man eine Menge von Beobachtungen, die in Fahrenheitischen Graden angegeben sind. Man versteht auch gewöhnlich, daß diese Thermometer mit Queckſilber gefüllt sind. Denn Fahrenheit hatte die Hoffnung, sie mit denen von Weingeiste gefüllten gleichstimmend zu machen, ganz aufgegeben, (§. 98.) und nach ihm blieben Prinz zu Amsterdam und andere Künstler dabey, daß sie Queckſilber gebrauchten. Uebrigens fanden schon Boerhave und Fahrenheit dienlicher, den Grad des frierenden und des siedenden Wassers zum Grunde zu legen. Sie behielten aber, um die Sprache nicht zu verwirren, die Eintheilung bey, und so setzten sie den Punct des frierenden Wassers auf den 32sten, und den vom siedenden auf den 212ten, jedoch diesen letztern dergestalt, daß sie bey veränderter Barometerhöhe etwas vor- und nachgaben. Martine fand den Grad des zu schmelzen anfangenden oder stockenden Wachses

bey dem 142sten Grad, und die Temperatur des Kellers der Pariser Sternwarte wurde beym 53. oder 54sten Grade befunden. Guter Weingeist siedet beym 175sten Grad, schlechterer aber beym 185sten. Diese Grade mögen zu einer vorläufigen Vergleichung mit dem Lufthermometer hinreichend seyn, wenn wir sie nur so anstellen, daß 180 Fahrenheitische Grade mit 370 vom Lufthermometer übereintreffen.

Fahrenheit	Lufthermometer.	
0	934	gesalzen Eis.
32	1000	frierend Wasser.
54	1045	tiefer Keller Wärme.
96	1132	Wärme des Blutes.
142	1226	stockend Wachs.
175	1294	siedender Weingeist.
185	1312	" " " von schlechterer Art.
212	1370	siedend Wasser.
600	2168	siedend Queckſilber.

Vierter Abschnitt.

Das de l'Isleſche und einige andere Queckſilber-Thermometer.

§. 114.

Bald nach Reaumur (§. 99.) fiel auch *de l'Isle* zu Petersburg auf die Gedanken, den Thermometern eine wissenschaftlichere Eintheilung zu geben, und sahe besonders dahin, daß man mit einem einigen zum Grunde gelegten Grade ausreichen konnte. Er wählte Queckſilber dazu, und fand, daß wenn dessen Raum beym Grade des siedenden Wassers in 10000 Theile getheilt wird, derselbe beym frierenden Wasser nur 9850, demnach 150 weniger betragen werde. Diese 150 Grade zählte er von oben herunter.

§. 115.

Dieses Thermometer wurde in Rußland sehr üblich. Der beſtändige Grad sollte dabey der vom siedenden Wasser seyn. Da aber Fahrenheit und nach ihm mehrere andere gefunden, daß siedendes Wasser bey niedrigerm Baro-

meterſtande, und daher auch auf Bergen weniger warm wird, als wenn oder wo das Barometer höher ſteht, ſo fällt das beſtändige in dem *de l'Isl*'ſchen Grade in ſo fern weg, daß eine Reduction damit vorgenommen, und ſo wie bey andern Thermometern eine beſtimmte Barometerhöhe feſt geſetzt werden muß. Uebrigens iſt es unnöthig, daß ich mich bey dem *de l'Isl*'ſchen Thermometer hier länger aufhalte. Es iſt von Queckſilber wie das Fahrenheitſche, und unterſcheidet ſich von demſelben nur in Anſehung der Eintheilung und der Art zu zählen. Da auch die von Celſius eingeführten ſchwediſchen Thermometer von Queckſilber ſind, ſo iſt es hier ebenfalls genug, wenn ich anmerke, daß Celſius vom Punct des frierenden zum Punct des ſiedenden Waſſers 100 Grade aufwärts zählt. Chriſtin zu Lyon ſoll eben dieſe Eintheilung auch gewählt haben. Endlich ſeitdem einige angefangen haben, Reaumurſche Thermometer von Queckſilber zu machen, ſo gehören auch dieſe hieher. Man zählt darauf zwiſchen erſtbemeldten zween Puncten 80 Grade. Dieſes giebt folgende Vergleichung:

Queckſilberthermometer.

Fahrenheit.	*de l'Isle.*	Schweden, *Celſius.*	nach Reaumur.	
32	150	0	0	frierend Waſſer.
212	0	100	80	ſiedend Waſſer.
180	150	100	80	Unterſchied, oder Theile des Zwiſchenraumes.

Fünfter Abſchnitt.

Thermometer von Weingeiſt.

§. 116.

Bey den bisher angegebenen Vergleichungen habe ich die Ausdehnung der Materien durch die Wärme einander proportional geſetzt. Die Materien waren Luft, Leinöl und Queckſilber, und ſie gehen auch in der That wenig von einander ab. Ich habe auch bereits ſchon (§. 98.) angemerkt, daß der Weingeiſt, zumal wenn er eingeſchloſſen iſt, hieran eine Ausnahme mache, die man auch überhaupt bey allen wäſſerichten Materien finder. Reaumur wußte es, und dennoch gab er den Thermometern von Weingeiſt den Vorzug. Er ließ an ſeinen Thermometern große Kugeln von zween bis drey Zoll Durchmeſſer, und machte ſie ge-

Digitized by Google

rade dadurch desto unempfindlicher und langsamer in ihrem Gange. Er wählte den Grad des frierenden Wassers oder schmelzenden Eises, und den vom siedenden Wasser zum Grunde der Eintheilung, und da er fand, daß sein Weingeist sich wie 1000 zu 1080 ausdehnte, so theilte er auch den Zwischenraum in 80 Theile,

§. 117.

Dieses schien alles ganz gut ausgedacht zu seyn, und viele, die lieber dem Herrn von Reaumur eine Höflichkeit erweisen als die Sache selbst untersuchen wollten, fanden seine zwo Abhandlungen hierüber vortreflich. Indessen waren nicht alle so leichtgläubig. Ein auf die Pariser Sternwarte, neben das alte la Hirische gesetzte Thermometer, wurde nach einigen Jahren gegen ein anderes, das besser gerathen seyn sollte, umgetauscht. Man hörte nach und nach von ganz unglaublichen Graden der Wärme sprechen, die in verschiedenen Welttheilen mit dem Reaumurschen Thermometer beobachtet worden. Die Vergleichung desselben mit Queckſilber-Thermometern wollte auch nicht von statten gehen. Ueberdies trat auch bald *Micheli du Crest* auf, und beschuldigte das Reaumursche Thermometer, daß daran die zum Grunde gelegte Grade gar nicht getroffen worden, und besonders, daß sein Grad des siedenden Wassers nichts weniger als das, sondern nur der Grad des siedenen mittelmäßigen Weingeistes sey. Martine in seinen Abhandlungen über die Thermometer und Grade der Wärme führte ähnliche Klagden, und erhielt den Beyfall des Herrn von Mairan. Endlich hat auch ganz neulich Herr *de Luc* sich in seinen Modifications de l'Atmosphere über dem Reaumurschen Thermometer sehr lange aufgehalten, und die Mühe genommen, ein Thermometer zu verfertigen, welches nach Reaumurs Vorschrift eingetheilt war, um dessen Fehler noch mehr aufzudecken. Aus allem ergab sichs, daß was Reaumur für 80 Grade ausgab, an seinen Thermometern in der That 90, 100 bis 110 Grade austrug, und daß sie nichts weniger als übereinstimmend waren.

§. 118.

Micheli du Crest erhielt endlich den Grad des siedenden Wassers bey den Weingeistthermometern dadurch, daß er die Röhre oben zuschmelzte, ehe er sie ins siedende Wasser setzte. Vielleicht wußte er nach Anleitung des Papinischen Siedetopfes, daß eingeschlossen Wasser einer größern Wärme und Ausdehnung fähig ist, und so konnte er schließen, daß auch der Weingeist im Thermometer ganz eingeschlossen werden müsse, wenn er die Hitze des siedenden Wassers aushalten soll. Der Erfolg bestätigte seine Vermuthung, und so war er nun darauf bedacht, den Gang seines Thermometers mit dem von Leinöl und Queck-

Queckſilber zu vergleichen. Er fand, daß beyde letztere Materien wenig von einander, deſtomehr aber vom Weingeiſte abgehen. Eben dieſes fanden nachgehends auch andere, und unter dieſen haben beſonders *de Luc* und Strohmayer ihre Verſuche bekannt gemacht. Die Verſuche gehen von 10 zu 10 Graden, und ſind weitläuftig und mühſam. Es iſt auch für ſich klar, daß wenn der eingeſchloßne Weingeiſt mehr erwärmt wird, als er in offenen Gefäßen erwärmt werden kann, er ſich, ſo zu ſagen, in einem gezwungenen Zuſtande befindet, und eben daher auch die Grade ſeiner Ausdehnung einem ganz andern Geſetze folgen müſſen.

§. 119.

Im Jahr 1765 machte ich mir zwey Thermometer von Queckſilber, und theilte daran den Raum vom frierenden zum ſiedenden Waſſer in 80 gleiche Theile. Neben dieſe hieng ich einige Thermometer von Weingeiſt, und durch Vergleichung ihres Ganges mit jenen, theilte ich dieſe ſo ein, daß ſie bey den gewöhnlichen Graden der Luftwärme mit einander übereinſtimmten. Die von Queckſilber wurden durch Zufällen und Verſuche bald verunglückt, und ſo blieben nur noch die von Weingeiſte, mit denen ich auch fortfuhr, Beobachtungen und Verſuche anzuſtellen. Ich ſuchte auch immer einen Vorrath davon zu erhalten, daß wenn auch einige zerbrechen ſollten, ich noch immer andere übrig behielte, nach welchen ich neue eintheilen konnte. Denn ich hatte ſchon 1751 durch Verſuche gefunden, daß man Thermometer am ſicherſten gleichſtimmend macht, wenn man ſie neben einander hängt, und auf dieſe Art gleiche Grade der Wärme und Kälte darauf zeichnet.

§. 120.

Auf dieſen Thermometern fand ich nun den Grad des ſtockenden und zu ſchmelzen anfangenden Wachſes zwiſchen 57 bis 58, und zwar Winters und Sommers, mit weißem und gelbem Wachſe ohne Unterſchied. Die Wärme des Leibes nach dem Unterſchiede der Tages- und Jahreszeiten, zwiſchen 30 und 32 Graden. Das frierende Waſſer hatte ich an ſich ſchon auf 0 geſetzt. Und in Schnee, der mit gleich viel Salz vermiſcht war, fand ſich der 15 bis 16te Grad unter 0. Hieraus zog ich folgende Vergleichung:

Fahrenheit, von Queckſilber	Weingeiſt.	
32	0	frierend Waſſer.
97	32	Wärme des Leibes.
142	58	ſtockend Wachs.
65	32	Unterſchied der zween erſten Grade.
45	26	Unterſchied der zween letzten.

Es zeigte ſich hieraus ohne Mühe, daß die Unterſchiede einander nicht proportional blieben, und daß ich für das ſiedende Waſſer oder für den 212ten Fahrenheitſchen Grad zween ganz verſchiedene Grade für die Ausdehnung des Weingeiſtes herausbringen würde.

§. 121.

Ich fand auch ohne Mühe, daß da Fahrenheit vom frierenden zum ſiedenden Waſſer 180 Grade ſetzt, der erſte Unterſchied

die Analogie

$$65 : 32 = 180 : 89.$$

der andere aber

$$45 : 26 = 180 : 104.$$

angiebt. Nun iſt 89 von 104 allzuſehr verſchieden, als daß der Unterſchied bloß von der Unbeſtimmtheit der beobachteten Grade ſollte herrühren können. Die Thermometer von Weingeiſt habe ich, wie bereits erwähnt worden, ſo getheilt, daß ſie in den gewöhnlichen Graden der Witterung mit denen von Queckſilber zuſammen ſtimmten. Und ſo hätte auch der Grad des ſiedenden Waſſers der 80ſte ſeyn ſollen. Es zeigt ſich aber hier, daß die Progreßion nicht gleichförmig fortgeht, ſondern die Ausdehnung des Weingeiſtes mit zunehmender Wärme ſtärker zunimmt als die vom Queckſilber.

§. 122.

Endlich ließ ich es 1776 im Jenner auf einen Verſuch ankommen, hielt eines der Weingeiſtthermometer über den Dampf des ſiedenden Waſſers, und nachdem es ſchon ziemlich warm geworden, ſtellte ich es ganz hinein. Es ſtieg darinn bis auf $102\frac{1}{2}$ Grad. Ich hatte mir inzwiſchen wiederum ein Thermometer von Queckſilber verfertigt, und dieſes nebſt dem oben (§. 81—89.) beſchriebenen Luftthermometer, vergliche ich ſowohl in ſiedendem Waſſer als in geringern

Digitized by Google

Graden der Wärme, und selbst auch in der damaligen strengen Kälte mit einander, um zu sehen, wiefern Weingeist, Queckſilber und Luft in ihrem Gange verſchieden oder übereinſtimmend ſind. Luft und Queckſilber giengen ziemlich genau zu gleichen Schritten. Aber beym Weingeiſte fand ſich ein ſehr merklicher Unterſchied.

§. 123.

Die Vergleichung des Queckſilbers und Weingeiſtes war folgende:

Queckſilber	Weingeiſt.	
— 15,0	— 14,5	vor dem Fenſter.
0,0	0	frierend Waſſer.
29,7	32,0	Wärme des Leibes im Bette.
50,0	57,0	ſchmelzend Wachs.
80,0	102,6	ſiedend Waſſer.

Dieſe Vergleichung war hinreichend, um vermittelſt der bekannten Einſchaltungsarten eine Gleichung zu finden, welche alle Grade, ſo zwiſchen die beobachteten zween äußerſten fallen, mit hinreichende Genauigkeit angiebt. Und die Gleichung ließ ſich deſto leichter finden, da beyde Thermometer bey dem Frierpunct gleich große Grade haben. Wenn demnach, von dieſem Punct an aufwärts gerechnet, die Grade des Queckſilbers durch q, die vom Weingeiſte durch w angedeutet werden, ſo gab die Beobachtung im ſiedenden Waſſer an ſich ſchon folgende Gleichung:

$$w = q + \frac{102,6 - 80}{80 \cdot 80} \cdot qq.$$

Statt dieſer Gleichung ſollte eigentlich eine ganze Reihe angenommen werden. Da ich es aber bey zwey Gliedern wollte bewenden laſſen, ſo entſtund die Frage: Ob nicht beſſer die Gleichung

$$q = w - \frac{102,6 - 80}{102,6 \cdot 102,6} \cdot ww = w - \frac{ww}{465,8}$$

anzunehmen ſey. Denn beyde ſind auf einerley Beobachtungen gegründet und geben für $q = 0$, und $q = 80$, die Werthe $w = 0$, und $w = 102,6$. Die Frage war alſo: welche von beyden die übrigen Grade näher angeben werde? Zu dieſem Ende ſetzte ich in der erſtern Gleichung $q = 50$, und erhielt $w = 58,83$. Die Erfahrung gab $w = 57,00$, und demnach merklich weniger. Nun ſetzte ich in der andern Gleichung $w = 57$, und erhielt $q = 50,03$. Die Er-

Digitized by Google

fahrung gab $q = 50.$, welches ſo viel als nichts unterſchieden iſt. Ich ſahe demnach, daß die zweyte Gleichung zum Einſchalten gebraucht werden mußte. Und da ich eigentlich w durch q finden wollte, ſo mußte ich ſie in folgende

$$w = 232,88 - \sqrt{[232,88^2 - 465,76\,q]}$$

auflöſen.

§. 124.

Hierauf nahm ich q von 10 zu 10 Graden an, und fand die Werthe von w, welche in der zweyten Columne folgender Tafel vorkommen. Dieſe vermin-derte ich in der Verhältniß von 102,6 zu 80, um den Siedepunct auf den 80ſten Grad zu ſetzen. Dieſe verminderte Grade kommen in der 3ten Columne vor. Die drey folgenden Columnen geben eben dieſe Grade nach des *du* CREST, *de* LUC und Strohmayers Beobachtungen an, ſo daß ſie alſo hiemit verglichen werden können.

Queckſilber	Weingeiſt.				
	Nach meinen Verſuchen.		*du* CREST.	*de* LUC.	Strohmayer.
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	10,23	7,98	7,94	7,90	8,03
20	20,94	16,23	16,27	16,50	16,45
30	32,23	25,13	25,05	25,60	25,30
40	44,19	34,46	34,36	35,10	34,66
50	56,97	44,41	44,31	45,30	44,63
60	70,75	55,16	55,06	56,20	55,36
70	85,81	66,91	66,83	67,80	67,05
80	102,60	80,00	80,00	80,00	80,00

§. 125.

Micheli du CREST hat eigentlich ſeine Vergleichung in ſolchen Gra-den vorgenommen, deren er von der Kellerwärme der Pariſer Sternwarte bis zum ſiedenden Waſſer 100 rechnet. Er legte die Grade des Weingeiſtthermome-ters von 10 zu 10 zum Grunde, und beſtimmte durch Verſuche die entſprechende Grade von Queckſilber und Leinöhl. Die Verſuche ſelbſt giebt er nicht an, ſon-dern eine Tafel, welche er durch Einſchalten berechnet hat, und wobey die zweyten Differenzen beſtändig ſind. Wenn ich ſeine Grade aufwärts gerechnet für Weingeiſt, Queckſilber und Leinöhl durch V, Q, O ausdrücke, ſo können ſtatt ſeiner Tafel folgende zwo Formeln dienen:

Digitized by Google

$$Q = \frac{1900\ V - 4\ W}{1500}$$

$$O = \frac{1100\ V - 2\ VV}{900}$$

welche alle ſeine Zahlen genau angeben. Die Grade V, Q, O, werden hier vom Punct der Kellerwärme gezählt. *Du* CRERT ſetzt auf ſeinem Thermometer den Eispunct bey dem Grad — 10,4, wiewohl er Anfangs viel Schwierigkeiten machte, um vielmehr ſein *Temperé de la terre*, als den Punct angeben zu können, von welchem die Zählung anfangen müſſe. Mittelſt dieſes Grades - 10,4. laſſen ſich nun die Formeln in andere verwandeln, wo beym Eispunct 0, und beym ſiedenden Waſſer 80 geſetzt wird. Eine ſolche Rechnung hat *de Luc* vorgenommen. Und da ich es unnöthig erachtete, ihm nachzurechnen, ſo habe ich in vorſtehender Tafel die Zahlen angeſetzt, die ich in dem erſten Bande des *de Luc*ſchen Werkes (§. 425. i. S. 323.) vorgefunden.

§. 126.

Strohmayer giebt ebenfalls ſeine Verſuche ſelbſt nicht an, ſondern eine Tafel, welche er als mit den Verſuchen genau übereinſtimmend anſieht. Zwiſchen dem Frier- und Siedepunct ſetzt er 80 Grade. Er nimmt ſo wie *du* CREST den Gang des Weingeiſtes als gleichförmig an, und ſetzt für Queckſilber die zweyten Differenzen beſtändig. In ſeiner Anleitung übereinſtimmende Thermometer zu verfertigen, kömmt S. 42. ſeine Tafel vor. Sie iſt nach der Formel

$$q = 1{,}272\ w' + 0{,}0034.\ w'w'.$$

berechnet, woraus hinwiederum

$$w' = 187{,}06 - \sqrt{(34991{,}44 - 294{,}12.q)}$$

folgt. Und mittelſt dieſer Formel ſind die Zahlen der letzten Columne berechnet worden.

§. 127.

Man ſieht aus der Tafel, daß die 4 letzten Columnen nur in Kleinigkeiten von einander abgehen, daß der Unterſchied bey *de Luc* am größten iſt, und daß meine Beſtimmung zwiſchen denen von *du* CREST und Strohmayer ſo ziemlich das Mittel hält. Ich finde alſo nicht Urſache von meiner Beſtimmung abzugehen. *De Luc* war unſtreitig ſehr emſig, und trägt in ſeinem Werke ungemein Sorge, daß ſeinen Leſern auch nicht das geringſte von ſeinen Bemühungen unbekannt bleibe, damit ſie ihm ſein Dank dafür wiſſen mögen. Meines Erachtens wird die Sache ſelbſt dadurch nicht gut gemacht. Sie bleibt was ſie iſt, und

Digitized by Google

muß immer an und für ſich betrachtet werden. Und ſo hätte *de Luc* in einem 4mal kleinern Werke 4mal mehr ſagen können als er wirklich geſagt hat. Ich verſtehe, daß das Geſagte nicht nach den Worten, ſondern nach den Gedanken müſſe gemeſſen werden.

§. 128.

Der Umſtand, daß wenn entweder q oder w nach gleichen Unterſchieden anwächſt, ſodann nicht die zweyten Differenzen von w, ſondern die von q beſtändig bleiben, und nicht die erſte, ſondern die zweyte Formel des 123. §. gebraucht werden muß, dieſer Umſtand, ſage ich, ſcheint etwas auf ſich zu haben. *Micheli du Crest* und Strohmayer geben dem Weingeiſte, in Abſicht auf die Gleichförmigkeit des Ganges, den Vorzug, und theilen eben daher die Weingeiſtthermometer in gleiche, hingegen die Queckſilberthermometer in ungleiche Theile, weil ſie glauben, daß ſie auf dieſe Art die Grade der Wärme ſelbſt beſſer ausdrücken. Ich habe aber bereits (§. 98. 108.) angemerkt, daß der gezwungene Zuſtand des eingeſchloſſenen Weingeiſtes dieſes nicht geſtattet. *Du Crest* ſelbſt fand, daß der Gang des Leinöles faſt eben ſo viel als der Gang des Queckſilbers von dem Gange des Weingeiſtes abweicht. Alſo müßte der Weingeiſt, der doch ſo leicht anfängt zu ſieden, das will ſagen, in einen gewaltſamen Zuſtand zu kommen, etwas ganz eigenes haben, wenn er eingeſchloſſen, ſeine Ausdehnung genau nach den Graden der Wärme proportioniren ſollte.

§. 129.

Die Zahlen der zweyten Columne ſind die eigentliche Grade von meinen Weingeiſtthermometern. Ich ſahe ſie gewiſſermaaßen als Reaumürſche Grade an, und ſie ſind es, in ſo fern ſie in der Nähe des Frierpuncts mit einem Reaumürſchen Queckſilberthermometer (§. 115) übereinſtimmen. Indeſſen wünſchte ich doch zu wiſſen, was allenfalls Reaumur ſelbſt dazu ſagen würde, wenn er noch lebte und noch eben ſo dächte, wie Anfangs. Nun hatte Reaumur den Abt Nollet in ſeiner Kunſt Thermometer zu machen, unterrichtet. Er erhielt auch von Muſſenbroek jährlich thermometriſche Beobachtungen, die aber mit einem Fahrenheitſchen Queckſilberthermometer angeſtellt worden. Dieſes veranlaßte ihn, den Gang des Fahrenheitſchen mit dem Gang des ſeinigen durch den Abt Nollet vergleichen zu laſſen. (Mem. de l'Acad. de Paris 1739.) Dieſer fand: daß in der Gegend des Frierpuncts 10 Reaumürſche Grade von Weingeiſt 20$\frac{3}{4}$ Graden des Fahrenheitſchen Thermometers von Queckſilber gleich ſind. Es wird übrigens nicht angegeben, wie dieſe Vergleichung angeſtellt worden, ob Nollet ein Fahrenheitſches Thermometer aus Holland habe kommen laſſen, oder ob er ſelbſt eines verfertigt habe. Reaumur bediente ſich

Digitized by Google

inzwisches dieses Verhältnisses und die Muschenbrückſche Beobachtungen, oder eigentlich nur die größten und kleinſten Grade eines jeden Monates in Graden des Reaumurſchen Thermometers vorzuſtellen.

§. 130.

Es folgt nun hieraus, daß wenn die Ausdehnungen des Weingeiſtes und Queckſilbers einander proportional blieben, der Weingeiſt ſich in ſiedenden Waſſer bis auf den 87ſten Reaumurſchen Grad ausdehnen würde. Noller führt auch wirklich dieſen Grad in ſeinen *Leçons de Phyſique* an, wo er erzählt, daß in einem ſeiner Verſuche vom frierenden zum ſiedenden Waſſer das Queckſilber ſich in letzterm in Zeit von 15 Secunden um $\frac{1}{1000}$, das Waſſer in einer halben Minute und etlichen Secunden um $\frac{1}{1000}$, der Weingeiſt in Zeit von 82 Secunden um $\frac{8}{1000}$, und das Leinöl in Zeit von 3 Minuten um $\frac{7}{1000}$ ſeines Raumes ausgedehnt habe. Hier trift die Angabe vom Leinöl mit Newtons Verſuche (§. 105.) ziemlich überein. Hingegen bleibt das Queckſilber um $\frac{1}{1000}$ Theil zurück, weil es nach *de l'Isle* und anderer Verſuchen ſich um $\frac{8}{1000}$ hätte ausdehnen ſollen. (§. 114.) Vielleicht wartete Nollet der Zeit der völligen Ausdehnung nicht ganz ab; und ſo möchten wohl auch die 87 Grade des Weingeiſtes um etwas vermehrt werden können, zumal, da Noller die Röhren nicht ganz in das Waſſer gehalten hat. Indeſſen iſt mir längſt ſchon ein Verzeichniß von Reaumurſchen Graden der Wärme vorgekommen, wo der Grad des ſiedenden Waſſers auf 87 angeſetzt war.

§. 131.

Da nun Fahrenheit vom frierenden zu ſiedenden Waſſer 180 Grade ſetzt, ſo konnte Nollet ſchließen, daß wenn 87 Grade 180 geben, 10 Grade ſo viel als $20\frac{7}{87}$ austragen werden. Dabey würde aber freylich vergeſſen worden ſeyn, daß Queckſilber und Weingeiſt in ihren Ausdehnungen nicht zu gleichen Schritten gehen. Dieſes alles macht mir das von Reaumur angegebene Verhältniß der Grade ſeines Thermometers zum Fahrenheitſchen ſo viel als unbrauchbar. Hingegen, da er den Grad der Wärme des Leibes auf 32 Grade ſetzt, und ich ihn an meinen Weingeiſtthermometern eben ſo finde, ſo habe ich mehr Urſache hieraus zu ſchließen, daß meine Thermometer von dem ſeinigen bey den erſten 30 Graden wenig oder nichts verſchieden ſeyn werden. Und daraus folgt, daß man durch das im 119 §. erzählte Verfahren die Reaumurſche Stuffenleiter ziemlich gut treffen könne. Man ſieht aber zugleich auch, daß ich, ſo zu ſagen, ganz zufälligerweiſe auf ein Verfahren gekommen bin, welches man ſtatt des Reaumüriſchen viel mißlichern Verfahrens gebrauchen kann. Dieſer Zufall hat ferner noch das beſonders auf ſich, daß ungeachtet Reaumur den Grad des ſiedenden

Digitized by Google

Wassers verfehlt, und statt dessen den Grad des siedenden Weingeistes genommen hat, er ohne sein Wissen dadurch eine Stuffenleiter erhalten hat, welche in der Gegend des Frierpuncts seine Weingeistthermometer mit den nach ihm genannten Queckſilberthermometer übereinſtimmend machet. Dieſes will ich indeſſen nicht von allen seinen Thermometern verstanden wissen. (§. 117.) Es gilt aber gerade von demjenigen, auf welche Reaumurs eigene Beobachtungen und Regeln, kurz, seine ganze Sprache sich beziehet, und welches demnach das wahre Reaumürsche Weingeistthermometer ist. Von diesem gilt es demnach, daß in der Gegend vom Frierpunct 8 Grade so viel als 15 *de l'Isl*sche, oder 18 Fahrenheitsche Queckſilbergrade austragen, weil sie 8 Reaumurschen Queckſilbergraden gleich sind.

§. 132.

Herr *de Luc* hat sich viele Mühe gegeben, das was ich zufälligerweise gefunden, auf eine sehr umständliche Art zu finden. Er setzte sich nemlich vor, eigentlich Reaumursches Thermometer zu machen. Er wählte den dazu nothwendigen mittelmäßigen Weingeist nach Reaumurs Vorschrift, und theilte das Thermometer ebenfalls nach Reaumurs Vorschrift und Beobachtungen ein, und beurtheilte zugleich auch, wo er der Vorschrift oder den Beobachtungen zu folgen habe. Dieses war erfordert, weil Reaumur selbst seiner Vorschrift nicht immer in der Ausübung genau nachgekommen, und daher auch die Beobachtungen nicht immer der Vorschrift, sondern der Ausübung gemäß waren. Herr *de Luc* verglich nun sein eigentlich Reaumursches Weingeistthermometer mit seinem Reaumurschen Queckſilber-Thermometer, und fand folgende übereinſtimmende Grade:

Queckſilber	Weingeiſt.	
80,0	100,40	ſiedend Waſſer.
66,6	80, 00	Weingeiſt der aufhört zu ſieden.
29,9	32, 50	Wärme des Leibes.
9,6	10, 25	Keller der Pariſer Sternwarte.
— 0,8	0, 00	frierend Waſſer.
—17,0	—15, 00	geſalzen Eis.

Es ist sehr unnöthig, diese weitläuftige Vergleichung und Beurtheilung des Herrn *de Luc* hier auch zu beurtheilen. Der Unterschied der 4 letzten Columnen der Tafel (§. 124.) würde mit in Erwägung kommen. Genug, daß *de Luc* das wahre Reaumursche Thermometer ziemlich gut getroffen, und daß ich eben nicht Ursache habe, von meiner Eintheilung abzugehen, so sehr sie auch nur zufälligerweise eingetroffen. Reaumurs fehlerhafte Thermometer werden dadurch nicht gut

gut gemacht, und bey der zahlreichen damit angestellten Beobachtungen muß immer, so fern es sich thun läßt, aus andern Beobachtungen entschieden werden, auf welchen Grad man das siedende Wasser setzen soll. Denn nach Reaumur sollte es der 80ste seyn. Bey Mollet war es 87 und mehr. *De Luc* setzt den 100ten, und es hat auch solche gegeben, wo *du Crest* den 115ten fand. Vermuthlich gab es auch solche, die einen noch größern Grad voraus setzten. Die Wärme in Syrien soll bis auf den 50sten Reaumurschen Grad, die in Senegal bis auf den 39sten Grad gestiegen seyn ꝛc.

§. 133.

Auf diese Art mußten die Reaumurschen Thermometer, worunter ganz gewiß auch viele nachgemachte waren, nach und nach alle die Klagden über sich ergehen lassen, die man über die Florentinische überhaupt führte. (§. 32.) Des *du Crest* und Martine Erinnerungen über die wesentliche Fehler, erschienen zwar bald genug in öffentlichem Drucke. Ueberdies erinnerte Reaumur selbst, daß man den Gang des Queckſilbers, dem vom Weingeiste nicht proportional setzen müsse. Dessen unerachtet fuhr man getrost fort, die mit Fahrenheitschen, *de l'Isl*schen und schwedischen Queckſilberthermometern angestellten Beobachtungen auf Reaumursche, und diese auf jene nach den im §. 115. angegebenen Verhältnissen zu reduciren, als wenn zwischen Weingeist und Queckſilber gar kein Unterschied wäre. Martine verfällt durchaus in diesen Fehler, und macht eben daher seine Vergleichungstafel von 15 verschiedenen Thermometern sehr unrichtig. Braun in den Nov. Comment. Acad. Petrop. T. VII. nimmt zwar in seiner Vergleichungstafel mehrerer Thermometer auf den Unterschied zwischen Weingeist und Queckſilber Rücksicht, so daß er für siedend Wasser dem Reaumurschen Queckſilberthermometer 80, dem von Weingeiste aber 93 Grade giebt, und eben daher den wahren Reaumurschen Weingeistthermometer nicht trift, weil dieser wenigstens 100 Grade haben muß. Ueberdies trägt Braun der Ungleichheit des Ganges beyder Thermometer gar nicht Rechnung. Andere Fehler in seiner Tafel zu berühren, wird demnach ganz unnöthig seyn.

§. 134.

Das bisher gesagte betrift die Vergleichung des Queckſilbers und des Weingeistes, in Absicht auf die ungleiche Ausdehnung, so weit sie durch wirkliche Versuche hat können bestimmt werden. Ich werde nun zur Vergleichung des Weingeistes und der Luft fortschreiten. Amontons glaubt bemerkt zu haben, daß sein Luftthermometer mit dem von Weingeiste zu gleichen Schritten gehe. Hievon mußte er sich allerdings voraus versichern, weil er letztern nach ersterm eintheilen

wollte. Er giebt aber keine umständliche Versuche an. Und es ist sehr vermuthlich, daß seine Vergleichung sich nur auf die gewöhnlichen Grade der Witterung bezogen habe, die sich eben nicht sehr weit erstrecken. Aus diesem Grunde hätte de Luc unbesorgt seyn können, und gar nicht nöthig gehabt, an dem Amontonschen Thermometer alle nur ersinnliche Unvollkommenheiten aufzusuchen, damit es je nicht seinem Queckſilberthermometer den Rang ſtreitig mache. Dieſes wird durch den Tadel von jenem um nichts beſſer. Es bleibt vor wie nach was es iſt. Amontons giebt ſeine Beobachtungen zuweilen nur in ganzen und halben Zollen an, und ſcheint eben daher ſich begnügt zu haben, daß ſeine Schlüſſe, im Ganzen betrachtet, mit der Erfahrung übereinſtimmen. Dieſes wollte er eigentlich wiſſen. Bey längerm Leben würde er ſich wohl auch um die genauere Beſtimmungen mehr umgeſehen haben. So war die erſte Waage wohl nicht die feinſte Goldwaage. Genug, daß die Erfindung einmal da war. Aus Verfeinern läßt ſich dann ſchon auch denken.

§. 135.

Um nun eigentlich zu ſehen, was es mit der Ausdehnung der Luft und des Weingeiſtes für eine Bewandtniß habe, zog ich längſt ſchon die mit den oben (§. 69. 90.) erwähnten Luftthermometern 1751 gemachten Beobachtungen hervor, weil ich ſie Jahre lang zugleich mit dem Weingeiſtthermometer und Barometer aufgezeichnet hatte. Es waren bloß Wetterbeobachtungen, und blieben eben daher in engern Schranken. Da ich aber aus Beobachtungen von mehrern Tagen das Mittel nehmen konnte, wodurch die kleinern Ungleichheiten gehoben wurden, ſo fand ich in der That, daß die Ausdehnung der Luft mit der von dem Weingeiſte nicht zu gleichen Schritten geht. Denn nach dem Mittel aus allen Beobachtungen trafen folgende Grade zuſammen:

Weingeiſtthermometer.	Luftthermometer.
0	1000
15	1039
30	1110

Digitized by Google

Das Thermometer von Weingeiſt war Reaumurisch; und traf, ſo viel ich aus mehrern Vergleichungen ſchließen kann, mit meinen dermaligen ſo ziemlich zuſammen. Hingegen in Anſehung des Luftthermometers kann ich nicht ſagen, daß die Eintheilung vollkommen richtig ſollte geweſen ſeyn. So viel ich mich erinnere, habe ich die Größe der Grade nur mittelſt der Neigung der Röhre beſtimmt. Dieſe Art iſt aber etwas mißlich. Es mögen nun aber die Grade etwas zu groß oder zu klein ſeyn, ſo iſt ihr wahrer Anfang bey 1000 richtig, und die Grade ſind den wahren wenigſtens genau proportional. Dieſes iſt ſchon genug, um ſicher ſchließen zu können, daß der Gang beyder Inſtrumente ungleich iſt. Denn für die erſten 15 Grade des Weingeiſtes ſind 59 Grade des Luftthermometers, und für die folgenden 15 Grade nur 51.

§. 136.

Die ſtrenge Kälte im Jenner 1776 gab mir einen nähern Anlaß, die Vergleichung nicht nur zu wiederholen, ſondern von dem 15ten unter dem Frierpunct bis zum Grade des ſiedenden Waſſers; folglich auf $117\frac{1}{2}$ Reaumurſche Grade auszudehnen und auf alle Umſtände Rückſicht zu nehmen. Das dazu gebrauchte Luftthermometer habe ich oben (§. 72. 81 — 88.) umſtändlich beſchrieben, und eben ſo auch das von Weingeiſt. (§. 119. u. f.)

Die Versuche, nebst der Berechnung, enthält folgende Tafel:

Weingeist-thermometer.	Lufthermometer.	Barometer	Summe	Raum der Luft.	Product durch 100 getheilt.	Wärme.
Grade.	Linien.	Linien.	Linien.	Gran.		Grade.
— 15, 1	110, 5	340, 3	450, 8	1215, 7	5480	924
— 11, 3	115, 2	341, 0	456, 2	1221, 8	5574	939
— 9, 5	120, 3	338, 0	458, 3	1228, 1	5628	949
— 2, 8	130, 0	340, 7	470, 7	1240, 3	5838	984
— 1, 0	132, 0	341, 0	473, 0	1243, 2	5880	991
— 0, 3	133, 0	341, 0	474, 0	1244, 2	5898	993
0, 0	— —	— —	— —	— —	5933	1000
+ 5, 4	143, 2	340, 3	483, 5	1257, 2	6678	1024
+ 6, 8	147, 0	338, 0	485, 0	1261, 7	6119	1031
+ 10, 3	151, 3	339, 5	490, 8	1267, 1	6219	1048
+ 10, 8	150, 0	341, 0	491, 0	1265, 6	6214	1047
+ 11, 8	151, 0	340, 7	491, 7	1266, 8	6229	1050
+ 14, 1	153, 5	340, 7	494, 2	1270, 1	6277	1058
+ 14, 6	154, 5	340, 7	495, 2	1271, 4	6296	1061
+ 23, 4	167, 0	340, 0	507, 0	1287, 3	6527	1100
+ 23, 9	168, 0	340, 0	508, 0	1288, 4	6546	1103
+ 25, 4	169, 5	340, 0	509, 5	1290, 0	6573	1108
+ 26, 0	170, 0	340, 0	510, 0	1290, 9	6584	1110
+ 26, 4	171, 0	340, 7	511, 7	1292, 0	6611	1114
+ 32, 9	180, 0	340, 5	520, 5	1303, 1	6783	1143
+ 34, 4	181, 0	340, 0	521, 0	1304, 3	6795	1145
+ 36, 4	183, 0	339, 9	522, 9	1306, 8	6833	1152
+ 39, 4	188, 0	340, 7	528, 7	1313, 2	6943	1170
+ 53, 4	202, 6	341, 0	547, 6	1330, 3	7285	1228
+102, 6	248, 5	341, 0	589, 5	1384, 9	8164	1376

§. 137.

Diese Versuche habe ich den 31sten Jenner, 1. und 2ten Hornung 1776. angestellt. Die verschiedene Grade der Wärme fand ich vor dem Fenster, in zwey nicht gewärmten Zimmern, in zwo gewärmten Stuben, in Wasser, welches auf den Ofen gestellt wurde, und endlich in siedendem Wasser. Die Kugeln beyder Thermometer wurden jedesmal genau neben einander gestellt, damit

der Unterſchied des Ortes nichts daran ändern konnte. Sie hiengen tief von dem Brettchen herunter, an welchen die Stuffenleitern angebracht waren. An dem Luftthermometer zählte ich die Linien, um ſo viel das Queckſilber in C (3. Figur) höher ſtund als in B, nebſt ihren Decimaltheilen. Dieſe Höhen E C enthält die zweyte Columne vorſtehender Tafel. In der dritten kommen die zu gleicher Zeit beobachteten Barometerhöhen vor. Die vierte giebt die Summen von beyden, und folglich den Druck an, den die Luft in der Kugel auszuhalten hatte. In der fünften wird der Raum der Luft durch das Gewicht eines gleich großen Raumes von Queckſilber vorgeſtellt. Dieſes ſind demnach die beobachteten Maaße.

§. 138.

Da nun die Kraft der Wärme in zuſammengeſetzter Verhältniß des Druckes und des Raumes iſt, (§. 66.) ſo habe ich auch eine jede Zahl der 4ten Columne mit der zugehörigen Zahl der fünften multiplicirt, aber Kürze halber von den Producten nur die 4 erſten Zahlen in der 6ten Columne angeſetzt. Dieſe ſind demnach der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft (§. 49. 50.) proportional.

§. 139.

Hierauf zeichnete ich dieſe Zahlen oder eigentlich nur ihren Ueberſchuß über 5000 als Ordinaten zu den Zahlen der erſten Columne als Abſciſſen betrachtet, theils um zu ſehen, wiefern die Puncte in einer einförmig fortgehenden Linie liegen würden, theils um dieſe Linie durch die Puncte oder wenigſtens ſo zwiſchen denſelben durchzuziehen, daß ſie am wenigſten davon abweiche, und dennoch eine ſo viel möglich einförmige Krümmung erhielt. Die Conſtruction zeigte, daß die Abſciſſe 0 mit der Ordinate 5933 zuſammen traf. Ich theilte demnach durch 5,933 alle Zahlen der ſechsten Columne, und ſchrieb die Quotienten in die ſiebende. Dieſe ſtellen demnach die Grade der Wärme oder des Luftthermometers vor.

§. 140.

Eben dieſe Zeichnung diente mir nun ferner ſtatt einer Formel zum Einſchalten. Ich theilte die letzte Ordinate, ſo weit ſie über die vom frierenden Waſſer hinausgeht in 8 gleiche Theile, und zog durch die Theilungspuncte gerade Linien mit der Abſciſſenlinie parallel. Wo dieſe die krumme Linie durchſchnitten, da merkte ich die Puncte an, und was die dazu gehörigen Abſciſſen. Auf dieſe Art erhielt ich folgende Tafel:

Digitized by Google

Grade des Luftthermometers.	Eben dieselbe nach achtzig Theilen	Grade des Weingeistthermom.
1000	0	0, 0
1047	10	10, 0
1094	20	20, 9
1141	30	32, 1
1188	40	41, 9
1235	50	55, 5
1282	60	68, 9
1329	70	84, 4
1376	80	101, 6

§. 141.

Hier kann nun die 3te Columne mit der 2ten der oben (§. 124.) gegebenen Tafel verglichen werden. Man sieht nemlich hier, daß wenn die Grade des Luftthermometers vom frierenden zum siedenden Wasser in 80 Theile getheilt, und diese von 10 zu 10 arithmetisch fortgehend genommen werden, die Ausdehnung des Weingeistes nicht zu gleichen Theilen fortgeht, sondern immer schneller anwächst. Eben dieses zeigte sich im 124sten §. in Ansehung des Queckſilbers. Es wurden daselbst die Grade des Queckſilberthermometers von 10 zu 10 fortgezählt, und es fand sich, daß die Grade nicht gleich, sondern immer schneller zunahmen. Soll demnach Luft und Queckſilber zu gleichen Schritten gehen, so muß die dritte Columne der gegenwärtigen Tafel mit der zweyten Columne der obigen (§. 124.) durchaus einerley Zahlen enthalten. Der Unterschied ist sehr geringe, und kann vielleicht ganz auf die bey solchen Versuchen unvermeidliche kleine Fehler geschoben werden. Es folgt also hieraus, daß, so weit sich diese Versuche erstrecken, das Queckſilberthermometer mit dem Luftthermometer, wo nicht ganz, doch ohne merklichen Unterschied zu gleichen Schritten geht. Da nun das Luftthermometer die eigentliche Grade der Wärme angiebt, so folgt, daß auch beym Queckſilberthermometer gleiche Grade der Ausdehnung gleich große Unterschiede der Wärme anzeigen, wenigstens so weit diese Versuche gehen. Denn weiter folgt der Schluß hier nicht. Wohl aber folgt hieraus, daß die Grade des Weingeistthermometers mit den Graden der Wärme nicht zu gleichen Schritten gehen, sondern schon vom 20sten Reaumurſchen Grade anfangen merklich schneller anzuwachsen. Da nun die gemeinen Wetterbeobachtungen selten über den 25. oder 26sten Grad der Sommerwärme hinausgehen, so mag immerhin das Weingeistthermometer diesen Beobachtungen gewidmet bleiben. Sein Gebrauch ist ohne-

Digitized by Google

hin sehr eingeschränkt. Es ist daher anzurathen, daß die Weingeistthermometer nach dem Queckſilberthermometer eingetheilt werden, ſo wie ich es oben (§. 119.) beſchrieben und ſelbſt gethan habe. Beyde treffen ſodann, ſo weit die Wetterbeobachtungen ſich erſtrecken, zuſammen, und bey größern Graden kann die Reduction leicht vorgenommen werden.

§. 142.

Die Zahlen der dritten Columne in der Tafel nehmen gegen das Ende ſo ſchnell zu, daß ſie durch eine Gleichung von der Form $a x + b x^2$ nicht durchaus vorgeſtellt werden können. Dieſes zeigt den ſchon einigemal erwähnten gezwungenen Zuſtand des eingeſchloſſenen Weingeiſtes in ſtarker Wärme genugſam an. Es iſt übrigens nicht nöthig eine Formel zu ſuchen, die weiter als bis auf den 50ſten oder 60ſten Grad genau ſey, weil die Weingeiſtthermometer in größern Graden der Wärme ſelten gebraucht worden ſind, und ſo viel ich weis, nie anders, als in eben der Abſicht, in der ich ihn hier gebraucht habe, nemlich den Grad ſeiner Ausdehnung zu beſtimmen. Für geringere Grade mag folgende Formel hinreichend ſey,

$$w = x + \frac{1}{400} x x,$$

wobey x die Grade der zweyten, w aber die von der dritten Columne vorſtellt. Sie giebt folgende Werthe:

x	w
10	10, 2
20	21, 0
30	32, 2
40	44, 0
50	56, 2
60	69, 0

welche von denen in der Tafel wenig verſchieden ſind. Der größte Unterſchied iſt bey $x = 50$. Er kann vielleicht zum Theil von der Erfahrung ſelbſt herrühren. Ich habe wegen der Mühe, das Waſſer in einem Grad der Wärme zu erhalten, der zwiſchen die Wärme der Luft und die vom ſiedenden Waſſer fällt, den Verſuch nur einmal angeſtellt. Und ſo kann ein geringer Umſtand einen Unterſchied verurſachet haben. Uebrigens dient die Formel eben nicht zum Probierſteine, weil ſie eigentlich nur gewidmet iſt, die Werthe von x, w auf eine leichte und erträglich genaue Art unter ſich zu vergleichen, und zwar, ohne daß ihr Gebrauch weiter ausgedehnt werde, als die Weingeiſtthermometer gemeiniglich gehen. In dieſer Abſicht wird es nun dienlicher ſeyn, anſtatt der Zahlen der zweyten Columne, die von der erſten zu nehmen. Dieſe ſeyn $= 1000 + \lambda$, ſo wird die Formel in folgende verwandelt:

Digitized by Google

$$W = \frac{\lambda}{4,7} + \frac{\lambda\lambda}{8836}$$

weil

$$x = \frac{80}{376}\lambda = \frac{1}{4,7}\cdot\lambda$$

iſt. Daraus folgt nun hinwiederum

$$1000 + \lambda = 1000 + 940.\left[-1 + \sqrt{(1 + \frac{W}{100})}\right]$$

eine Gleichung, mittelſt welcher die Grade des Weingeiſtthermometers in Grade des Luftthermometers verwandelt werden können, jedoch unter erſtbemeldter Einſchränkung, daß man den Gebrauch nicht bis zum Grad des ſiedenden Waſſers ausdehne.

Sechster Abſchnitt.

Einige benamte Thermometer von Weingeiſt.

§. 143.

So begierig auch die Weingeiſtthermometer Anfangs aufgenommen worden, ſo viel haben ſie auch Verwirrung verurſacht, und Mühe gemacht, bis man endlich ihre Sprache näher hat kennen lernen. Des vorhergehenden langen Abſchnittes unerachtet, ſind wir noch nicht zu Ende. Man hat mit Weingeiſtthermometern eine ungemeine Menge von Verſuchen angeſtellt, die ſo viel als unnütz werden, wenn man die Sprache derſelben nicht kennt, das will ſagen, wenn man ihre Stuffenleitern nicht verſteht. Martine und Braun machten fehlgeſchlagene Verſuche. (§. 133.) Auch *du* Crest fieng zeitig an, einige Thermometer mit dem ſeinigen zu vergleichen. *De Luc* giebt auch einige Vergleichungen, und man findet dergleichen hin und wieder. Sie gehen aber auch von einander ab, und machen eine nochmalige Unterſuchung nicht überflüßig. Ich gedenke auch dabey nicht, ſchlechthin nur Queckſilber und Weingeiſtthermometer auf einander zu reduciren, ſondern vielmehr auf die wahren Grade der Wärme Rückſicht zu nehmen. Dieſe Grade ſind zwar freylich in allem, was das Weingeiſtthermometer betrift, ſo wenig von einander verſchieden, daß man ſie zu tauſendſten Theilen rechnen muß, um die Unterſchiede beſtimmt genug anzugeben. Man kann nicht mit Newton ſagen: die Hitze des ſiedenden Waſſer ſey 3mal gröſſer

als

als die Sommerhitze, die vom glühenden Eiſen ſey 3 bis 4mal gröſſer als die vom ſiedenden Waſſer ꝛc. Die Thermometer müßten ganz anders ausſehen, wenn die Grade der Wärme nach einem ſolchen Maaßſtabe fortgehen ſollten. So aber lautet es ſehr unnachdrücklich, wenn man ſagen muß, die Hitze des ſiedenden Waſſers ſey etwa um $\frac{1}{3}$ gröſſer als die Sommerwärme, oder ſiedend Waſſer ſey nicht viel über $\frac{1}{3}$ wärmer als frierendes. Und doch iſt dieſe Sprache richtig, wenn man alles wirklich warm nennt, was noch kälter werden kann. Das alles aber hindert nicht, daß es nicht ganz gut ſeyn ſollte, wenn wir uns um die wahre Sprache umſehen. Dieſes kann nun Kürze halber ſo geſchehen, daß da ich das wahre Reaumurſche Weingeiſtthermometer bereits mit dem Luftthermometer verglichen (§. 134—142.) es genug ſeyn wird, andere Weingeiſtthermometer auf das Reaumürſche zu reduciren.

I. *De la* Hire.

§. 144.

Das erſte Thermometer von Weingeiſt, ſo hier in Erwägung kömmt, iſt das von *la* Hire, deſſen ich ſchon oben (§. 56.) Erwähnung gethan. Es iſt von ihm ſeit 1670 und auch nach ſeinem Tode in die 80 Jahre gebraucht worden, um jedes Jahr die gröſte Sommerwärme und gröſte Winterkälte anzugeben. Und dieſes wurde jährlich in den Mem. de l'Acad. des Sciences de Paris bekannt gemacht. Man ſahe es lange Zeit als das einige an, womit die ſtrenge Winterkälte 1709 beobachtet und aufgezeichnet worden. Und nun, da es ſchon lange gebrochen iſt, muß man erſt ſehen, ob man ſeine Sprache errathen kann.

§. 145.

La Hire ſelbſt gab hiezu zwey Merkmale an: 1°. Im Keller der Sternwarte ſtund es immer bey 48 Grade. Dieſes immer iſt nicht ganz richtig. Mariotte hatte lange vor *la* Hire gezeigt, daß die Wärme in dieſem Keller nicht ganz unveränderlich iſt. 2°. Daß es auf dem Felde friere, wenn das Thermometer im offenen Saal beym 32ſten Grad ſtehe. Dadurch wird der Grad des Froſtes nicht beſtimmt. Nun hätte Amontons durch die Vergleichung mit ſeinem Thermometer hier Rath ſchaffen können. Dieſe nahm aber *la* Hire erſt nach deſſelben Tod vor. Er beobachtete zween Grade, nemlich:

La Hire.	Amontons	
28	$51\frac{1}{4}$	Dieſes iſt Amontons Frierpunct (§ 78.)
63	$55\frac{1}{3}$	

Und dieſe führt er an, um ſie mit ſeinem 48ſten Grade und mit dem 54ſten des Amontons zu vergleichen, und endlich den Schluß zu machen, Amontons Röhre ſey vermuthlich mehr ungleich als die an ſeinem Thermometer, gerade als wenn bey Amontons Thermometer die Ungleichheit der Röhre etwas auf ſich hätte. Endlich fügt *la Hire* den Ausſpruch bey, er glaube, es werde nie möglich ſeyn, gleichſtimmende Thermometer zu machen. Hieraus folgt nun ſo viel, daß *la Hire* bey der Vergleichung gewiß nicht die Abſicht hatte, übereintreffende Grade aufzuſuchen und dann die Uebereinſtimmung anzupreiſen. Dieſer Verdacht fällt nicht auf ihn. Aber dadurch kann der gegenſeitige Verdacht noch immer gehegt werden. Eigentlich müſſen zu ſolchen Vergleichungen ſehr entfernte Grade genommen werden. *La Hire* machte ſie im Jahr 1709. Er muß alſo wenig neugierig geweſen ſeyn, zu ſehen, wie tief damals in der ſo ſtrengen Kälte das Amontonſche Thermometer fallen würde, da *la Hire* das ſeinige auf dem 5ten Grad fand.

§. 146.

Reaumur nahm ſich nachgehends der Sache mehr an. Freylich erſt nach des *la Hire* Tod. Denn dieſer möchte wohl durch des Reaumur Thermometer von ſeiner Unglaubigkeit nicht bekehrt worden ſeyn, weil ſie zu ſehr verſchieden ausfielen. Reaumur ließ eines von ſeinen Thermometern, und nachgehends ein anderes neben das *la Hire*ſche hängen, um alle *la Hire*ſche Beobachtungen in die Sprache ſeines eigenen Thermometers überſetzen, und beſonders auch die Kälte von 1709 darauf anzeigen zu können, damit dieſe Kälte mit denen von künftigen ſehr ſtrengen Wintern könne verglichen werden. Zu dieſem Ende ſetzte er beyde Thermometer in künſtlich gemachtes Eis, und als das *la Hire*ſche bey dem vorbenelten 5ten Grad ſtund, zeichnete er den Grad, wo das ſeinige ſtund, und dieſes war der 15te Reaumurſche Grad unter dem Frierpunct. Man mußte hiebey wiſſen, ob die Kugeln an beyden Thermometern gleich groß waren. Denn kleinere Kugeln nehmen Kälte und Wärme ſchneller an als größere.

§. 147.

Das neben dem *la Hire*ſchen aufgehängte erſtere Reaumurſche Thermometer wurde von 1731 bis 1738 zugleich mit demſelben beobachtet. Und davon ſind folgende Grade in den Pariſer Memoires aufgezeichnet.

Digitized by Google

La Hire.	Reaum.	Im Sommer.	La Hire.	Reaum.	Im Winter.
71	+12	6. Jul. 1731.	19¾	—6	26. Jan. 1732.
82	+29½	— — — —	21	—5	27 — — —
66	+19½	30 Jul. 2 Aug. 1732.	26½	—1¾	1 Jan. 1 Febr. 1733
74	+24½	— — — —	23½	—4	23. 24. Jan. 1734.
71	+22	7. 8. 9. Jul. 1733.	24½	—3½	25 — — —
77	+26	— — — —	28	—1	28 — — —
76	+25½	6. Sept. — —	21½	—5½	30 Nov. — —
72	+24	7 — — —	27	—1½	5. Febr. 1735.
75	+25½	8 — — —	34	+2½	6 — — —
72¼	+24	15. Jul. 1735.	26½	—1⅔	23 Dec. — —
70¾	+23½	16 — — —	25½	—3¼	3. Jan. 1736.
68	+21	19. 20. Auguſt.	25	—3½	24. 25. Febr. —
80½	+28½	30. Jul. 4. Aug. 1736	25	—3	26. Decemb. 1737.
75½	+25½	16. 17. 21. Jul. 1737	21½	—5⅔	8. Jan. 1738.
82½	+29½	5. Auguſt 1738.			

Ich habe nun die Grade in jeder Columne zuſammen addirt, und ihre Summe durch ihre Anzahl getheilt, um das wahre Mittel zu haben. Dieſemnach treffen zuſammen:

La Hire.	Reaumur.	
74, 27	+24, 70	das Mittel der Sommergrade.
25, 02	— 3, 06	das Mittel der Wintergrade.
49, 25	27, 76	Unterſchiede.

Das will alſo ſagen, daß 49¼ *la* Hirriſche Grade ſo viel austragen als 27¾ Reaumurſche. Die Verhältniß iſt wie 197 zu 111.

§. 148.

Dieſe Vergleichung kann mir dienen zu finden, mit welchem Reaumurſchen Grade der 5te *la* Hirriſche, als der von der Winterkälte 1709. übereintrift. Denn 25,02 — 5 = 20,02. Und

$$\frac{111}{197} \cdot 20,02 = 11,28$$

3, 06

14, 34

also ist es der $14\frac{1}{3}$ Gr. unter 0. Reaumur fand mittelst seiner Beobachtung 15 Grad (§. 146.) Vielleicht ist dieses nur eine runde Zahl. Ferner folgt aus dieser Rechnung, daß Reaumurs 0 oder Frierpunct auf den $30\frac{1}{3}$ *la* Hireschen Grad trift. Denn

$$\frac{197}{111} 3{,}06 = 5{,}31$$

$$25{,}02$$

$$30{,}33$$

Dieses kann das vorhingesagte (§. 145.) aufklären. Endlich, da Reaumur die Kellertemperatur bey $10\frac{1}{4}$ oder auch $10\frac{1}{2}$ Grad seines Thermometers ansetzt, so giebt eben die Rechnung, daß dieser Grad auf den $48\frac{2}{3}$ oder $49\frac{1}{10}$ des *la* Hireschen Thermometers trift. *La* Hire giebt 48 an. Wenn es demnach auf Kleinigkeiten nicht ankommt, so ist hiemit die Vergleichung beyder Thermometer gefunden.

§. 149.

Du Crest hat 1741 das *la* Hireſche Thermometer mit dem seinigen (§. 125.) verglichen. Erst fand er jenes im Keller der Pariser Sternwarte bey dem 47sten Grade den 28sten Jenner. Im Sommer hätte es wohl einen Grad höher stehen können. Dieses merke ich hier an, weil *du* Crest darauf nicht Acht gehabt, sondern vielmehr den Schluß gezogen, als hätte der Weingeist an Ausdehnung abgenommen. Dieser Schluß folgt nicht, weil *la* Hire von der Jahrszeit, da er 48 Grade gefunden, keine Erwähnung thut. *Du* Crest hängte sodann beyde Thermometer eine Nacht über an freyer Luft neben einander, und fand den 10ten Jenner Morgens um 6 Uhr das *la* Hireſche auf $9\frac{2}{3}$ Grad, das seinige auf 22 Grad unter seinem 0, welches eben die Kellertemperatur der Sternwarte ist. Also sind $48 - 9\frac{2}{3} = 38\frac{1}{3}$ *la* Hireſche Grade so viel als 22 Ducreſtiſche. Da nun beyde von Weingeist sind, und *du* Crest vom frierenden zum siedenden Wasser $100 + 10{,}4 = 110{,}4$ Grade zählt, (§. 125.) so kommen auf eben diesen Zwischenraum $191\frac{1}{2}$ *la* Hireſche Grade. Denn

$$22 : 38\tfrac{1}{3} = 110{,}4 : 191{,}5.$$

Ferner ist

$$22 : 38\tfrac{1}{3} = 10{,}4 : 18{,}1.$$

folglich ist am *la* Hireschen Thermometer der Frierpunct 18,1 Grad unter der Kellertemperatur, demnach beym 29,9ten Grade. Die Vergleichung mit Reaumurs Thermometer gab $30\frac{1}{3}$ Grade. (§. 148.) Es kann also bey dem *la* Hireschen Thermometer der Frierpunct auf den 30sten Grad gesetzt werden. Und so fällt der Siedepunct auf den $221\frac{1}{2}$ Grad. Endlich da 197 *la* Hireſche Grade

Digitized by Google

111 Reaumurschen gleich sind, (§. 148.) so finden sich, für 191,5 *la* Hiresche, 107,9 Reaumursche. Demnach zählte das zu der Vergleichung gebrauchte Reaumursche Thermometer vom Frierpunct bis zum Siedepunct 107,9 oder 108 Grade. Dieses Reaumursche Thermometer gieng demnach von dem wahren Reaumurschen (§. 132.) um mehrere Grade ab.

§. 150.

Mit meinen Reaumurschen Weingeistthermometer konnte ich nun das *la* Hiresche ohne Mühe vergleichen, da ich vom frierenden zum siedenden Wasser 102,6 Grade zähle. Diese sind demnach $191\frac{1}{4}$ *la* Hiresche gleich. Ich finde hieraus mittelst des auf den 30sten *la* Hiresche Grad gesetzten Frierpunctes, daß des *la* Hire o auf.

$$30. \frac{102,6}{191,5} = 16,1$$

Grad unter o meiner Thermometer trift, folglich so ziemlich auf den Grad von gesalzenem Schnee, den ich mehrmalen zwischen 15 und 16 Graden gefunden. Der Anfang der *la* Hireschen Stuffenleiter scheint demnach nicht willkührlich, sondern nach den damaligen Grundsätzen bestimmt gewesen zu seyn. Dieses veranlaßte mich nachzusehen, ob etwa der 100te *la* Hiresche Grad ebenfalls nach Gründen bestimmt seyn möchte. Die Rechnung gab

$$\frac{102,6}{191,5}. (100 - 30) = 37\frac{1}{2}$$

Grad meiner Weingeistthermometer. Ich habe auf diesen gefunden, daß geschmolzenes Unschlit zwischen dem 37. und 39sten Grade stocket oder gerinnet. Also fällt die *la* Hiresche Stuffenleiter von 100 Graden zwischen gesalzenen Schnee und gerinnend Unschlit sehr genau. In so fern war es in der That eines der besten, die um das 1670ste Jahr verfertigt worden.

§. 151.

Es sind nun mit diesem *la* Hireschen Thermometer keine andere Beobachtungen angestellt worden als meteorologische. Und von diesen wurden nur die größten und kleinsten jährlich beobachtete Grade in den Mem. de l'Acad. des Sc. de Paris bekannt gemacht. Die von 1731 bis 1738 habe ich bereits (§. 147.) angeführt. Ich werde demnach die vorhergehenden hier noch beyfügen.

Digitized by Google

Gröſste Wärme und Kälte der Luft mit dem la Hirschen Thermometer in einem offenen Saale der Pariser Sternwarte beobachtet.

Grade.	Im Sommer.	Grade.	Im Winter.
63 1/2	25 Jul. 1699.	7	7 Februar 1695.
61 1/4	21 Jul. 1700.	25	11 Decemb. 1699.
65 1/2	1 Sept. 1701.	28	9 Februar 1700.
77 1/2	17 August 1701.	28 1/2	1701.
71 1/2	5 August 1702.	14 1/4	1 Januar 1702.
76	12 August 1703.	26	Januar 1703.
66 1/4	28 Jul. 1704. frühe.	14 1/3	23 Januar 1704.
80	6 August 1705.	25	2 Februar 1705.
82	8 August 1706.	20 1/2	21 Januar 1706.
82	20 August 1707.	27 1/3	1 Februar 1707.
76	15 August 1708.	25	12 Decemb. 1708.
75	11 August 1709.	5	13. 14 Januar 1709.
71 1/2	3 August 1710.	14 1/2	11 Januar 1710.
73 1/2	16 Jul. 1711.	20	15 Februar 1711.
76	16 August 1712.	24 3/4	31 Decemb. 1712.
58	30 August 1713. frühe.	18 1/2	15 Januar 1713.
74	10 Jul. 1714.	20 1/2	5 Februar 1714.
64	2 Jul. 1715. frühe.	18	18 Januar 1715.
63	23 August 1716. frühe.	4 1/3	22 Januar 1716.
65	1 August 1717. frühe.	24	13 Februar 1717.
82	22 August 1718.	21 1/2	10 Februar 1718.
82 1/2	16 Jul. 1719.	26 1/4	29 Februar 1719.
77	20 Jul. 1720.	30	5 Januar 1720.
72	7 August 1721.	19	22 Februar 1721.
72	15 Jul. 1722.	25	24 Januar 1722.
75	20 August. 1723.	22	15. 18 Januar 1723.
82	1 Sept. 1724.	28	26 Novemb. 1724.
76	13 Jul. 1725.	26	25 Februar 1725.
77	28 August 1726.	20	19 Januar 1726.
80	7 August 1727.	28	7 Februar 1727.
75	17 Jul. 1728.	21	31 Decemb. 1728.
78	18 Jul. 1729.	9 3/4	19 Januar 1729.
76	5 August 1730.	23	27 Januar 1730.
		21	25 Januar 1731.

Digitized by Google

II. Mariotte.

§. 152.

Auf *la* HIRE mag nun Mariotte folgen. Dieser war der erste, der sich dem ehemaligen Vorurtheile, als wären die Keller im Winter wärmer als im Sommer durch wirkliche Beobachtungen mit Thermometern widersetzt, und gezeigt hat, daß unsere Empfindung der Wärme ihre Grade nur beziehungsweise angiebt. Er gab sich einige Jahre lang Mühe, seine Thermometer in Keller von verschiedenen Tiefen zu setzen und fleißig zu beobachten. Er fand bey allen, daß sie im Winter tiefer stehen als im Sommer, daß sie sich aber desto weniger verändern, je tiefer die Keller und je mehr sie vor dem Zugange der äußern Luft und dem Sonnenschein verwahrt sind. Hiezu suchte er in ganz Paris Keller auf. Auch giebt er alle Beobachtungen umständlich an. Man findet sie in seinem damals mit allem Rechte viel Aufsehens machenden Essay du chaud et du froid. Mariotte erreichte dadurch seine Absicht. Und in so fern würde es dermalen an seinen Beobachtungen wenig mehr gelegen seyn. Es giebt aber andere Gründe, aus denen es gut ist, wenn man die Beschaffenheit der Wärme und Kälte in den Kellern näher kennt. Und da eben nicht ein jeder sich die Mühe giebt, mehrere Jahre durch solche Beobachtungen anzustellen, so bleiben Mariottens Beobachtungen immer schätzbar. Aber aus eben dem Grunde ist es gut, wenn die Sprache seiner Thermometer verständlich gemacht wird.

§. 153.

Sein erstes Thermometer beschreibt er, so gut er nach den damaligen Kenntnissen konnte. Es war ein Florentinisches oder Weingeistthermometer. Er sagt, daß der Weingeist im Winter bis nahe zur Kugel komme, im Sommer aber über drey Fuß in die Höhe steige. Die Länge der Röhre betrage ungefähr 42 Zoll. Die Stuffenleiter habe Grade, deren jeder 4 Linien austrage. Dieses würde demnach auf 42 Zoll, 126 Grade geben. Da aber vermuthlich die Stuffenleiter nicht so lang als die Röhre gewesen, so mag es auch seyn, daß sie gerade 100 Grade enthalten habe. Die Grade wurden von unten herauf gezählt. Die Sommerwärme am Schatten fand Mariotte beym 80sten Grade, und im Keller der Sternwarte stund der Weingeist zwischen dem 52. und 53sten Grade. Der 50ste Grad mag demnach als der temperirte angesetzt gewesen seyn. Aus allen diesen Umständen läßt sich der 80ste Grad für nicht mehr als der 20ste von Reaumur ansehen. Und da der 53ste mit $10\frac{1}{2}$ von Reaumur eintrift, so folgt, daß $80 - 53 = 27$ Mariottische Grade, so viel als $20 - 10\frac{1}{2} = 9\frac{1}{2}$ Reaumursche betragen, demnach jene 3mal kleiner als diese gewesen sind. Mehr Genauigkeit in der Vergleichung ist unnöthig, wenn wir nur auf die Ver-

Digitized by Google

änderung der Wärme in dem Keller der Sternwarte, ſo 84 Fuß tief iſt, Rückſicht nehmen. Hievon giebt Mariotte folgende Beobachtungen an:

1670.	6. Dec. — — —	53 Grad.
	18. — — —	$52\frac{2}{3}$
1671.	25. Aug. — —	$53\frac{3}{4}$
	15. Sept. — —	$53\frac{3}{4}$ und etwas mehr.
	18. Dec. — —	$52\frac{3}{4}$
1672.	15. Febr. —	$52\frac{1}{2}$
	Sept. —	$53\frac{1}{4}$

Die gröſte Wärme traf in September und die gröſte Kälte in Hornung. Die ganze Veränderung trägt 1 Mariottiſchen oder $\frac{1}{4}$ Reaumurſchen Grad aus.

§. 154.

Eben dieſes Thermometer brachte Mariotte hierauf in einen 30 Fuß tiefen Keller, welcher in einer Gaſſe lag, wo die Sonne nur eine Stunde des Tages ſchien. Er fand darinn folgende Grade:

1672.	Nov. — 49 Gr.	1673.	19. May — $48\frac{1}{2}$
1673.	Jan. — 44		5. Jun. — $48\frac{1}{2}$
	Febr. — $42\frac{1}{2}$		19. Jun. — $48\frac{3}{4}$
	30. Mart. — 47		3. Jul. — 49
	4. April. — 47		17. — — $49\frac{1}{2}$
	14. April — $46\frac{3}{4}$		31. — — $50\frac{1}{4}$
	24. April — $47\frac{1}{2}$		14. Aug. — $50\frac{3}{4}$
	1. May — $47\frac{3}{4}$		28. — — 51
	16. May — 48+		15. Sept. — $51\frac{1}{2}$

Hierauf war das Thermometer gebrochen, ſo daß die Beobachtungen nicht ein volles Jahr konnten fortgeſetzt werden. Da es aber den höchſten Grad im September ſo ziemlich erreicht hatte, ſo urtheilt Mariotte, daß, da er unter 53 geblieben, dieſer Keller kälter als der von der Sternwarte ſey. Man ſieht, daß die ganze Veränderung 9 Mariottiſche, folglich 3 Reaumurſche Grade, demnach dreymal mehr als die im Keller der Sternwarte betrug.

§. 155.

Mariotte ließ ſich durch dieſen verdrießlichen Zufall nicht aufhalten. Er nahm zwey andere Thermometer, von denen er ſagt, daß ſie von gleicher Stärke waren. Ob dieſes ſagen will, daß ſie ſo wohl unter ſich als mit dem gebrochenen genau

genau übereinstimmten, lasse ich unbestimmt. Mariotte hatte Genauigkeit genug, um sich nicht mit obenhin gemachten Vergleichungen zu begnügen. Und so mögen wenigstens die zwey Thermometer in der That wenig von einander verschieden gewesen seyn. Er wendete sie hierauf an, um den einen in einem 10 Fuß tiefen Keller, den andern in ein Zimmer zu stellen, welches im zweyten Stockwerke oder zwo Treppen hoch in gleichem Hause war und nicht von der Sonne beschienen wurde. Die Grade waren kleiner als am gebrochenen, und nur von $2\frac{1}{2}$ Linien. Mariotte sagt, er habe sie den 21sten Jul. 1674 in dem Zimmer gehabt und gefunden, daß sie bey 89 Grad stunden. Sie stimmten demnach wenigstens bey diesem Grad überein. Die Beobachtungen sind nun folgende:

Thermometer.			Thermometer.		
Kammer	Keller.	Zeit der Beobachtung.	Kammer	Keller	Zeit d. Beobachtung.
—	$52\frac{1}{2}$	1674. 26. Jul.	49	34	1674. 6. April.
—	53	3. Aug.	44	37	22. —
64	54	15. —	60	$37\frac{1}{4}$	26. —
57	—	21. —	60	$37\frac{1}{2}$	9. May.
60	$53\frac{1}{4}$	22. —	62	44	4. Jun.
63	54	2. Sept.	70	50	16. Aug.
63	$54\frac{1}{4}$	8. —	73	52	20. —
42	46	16 Nov.	68	53	4. Sept.
$20\frac{1}{2}$	36	9. Dec. Frost.	65	$53\frac{1}{4}$	8. —
20	33	15. —	41	43	1676. 8. Jan.
28	35	17. ausschauend	36	36	27 —
32	$35\frac{1}{2}$	20. —	40	38	18 Febr.
40	36	22. —	32	$37\frac{1}{4}$	27 —
44	38	1675. 1. Jan.	30	37	1 Mart. Frost
22	30	22. — Frost.	83	45	5 Jun.
24	31	24. —	91	49	1 Jul.
33	32	1. Febr.	73	52	15. —
29	$33\frac{1}{2}$	18. —	89	54	18 Aug.
27	$34\frac{1}{2}$	22. —	88	56	24. —
28	$34\frac{1}{2}$	28. —	21	32	15. Dec.
29	31	6 Mart.	20	28	31. —
38	$31\frac{1}{2}$	9. —	10	$26\frac{1}{2}$	1677. 4. Jan.
42	$32\frac{1}{4}$	13. —	5	26	5. —
36	$32\frac{3}{4}$	16. —	3	24	7. —
32	$32\frac{1}{2}$	31. —	4	24	13. —
			25	44	25 —

Digitized by Google

§. 155.

Mariotte ſagt, er habe dieſe Beobachtungen als die merkwürdigſten unter mehrern ausgeſucht. Damit wird alſo der 92ſte Grad als die größte Sommerhitze von den 3 Jahren anzuſehen ſeyn, und ſo ziemlich mit dem 24ſten Reaumurſchen übereintreffen. Ferner wird, da der Keller nicht tief war, der 24ſte Grad, welcher die größte Kälte im Keller anzeigt, wenig über dem Frierpunct geweſen ſeyn. Wenn wir ihn dem 1ſten Reaumurſchen Grade gleich ſetzen, ſo wird folgen, daß 92 — 24 = 68 Mariottiſche Grade ſo viel als 24 — 1 = 23 Reaumurſche austragen, und damit wird der $10\frac{1}{2}$ Reaumurſche Grad oder die Temperatur des Kellers der Sternwarte auf den

$$\frac{68}{23}. 9\tfrac{1}{2} + 24 = 52\text{ſten}$$

Mariottiſchen Grad treffen. Die beyden Thermometer ſtimmten demnach mit dem erſtern gebrochenen ſehr ordentlich überein. Und ihre Sprache iſt hiemit verſtändlich gemacht. Der 100te Grad trift auf den 27ſten von Reaumur, und giebt folglich die größte Sommerhitze an. Der 21ſte Grad iſt der Frierpunct, und der 0 Grad trift etwa 7 Reaumurſche Grade unter denſelben, welches eine mäßige Winterkälte iſt, bey welcher der Schnee nicht knirſchet und noch viel weniger klinget.

III. *Hawksbée.*

§. 156.

Hawsbée in London verfertigte Thermometer von Weingeiſt, mit welchen hin und wieder Beobachtungen angeſtellt worden ſind. Martine nennt ſie Thermometer der Londonſchen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften, und ſagt, daß bey derſelben eines davon zur Richtſchnur aufbehalten werde. Indeſſen müſſen ſie nicht ſehr ſorgfältig nach dem Muſter gemacht worden ſeyn, weil Klägden dagegen geführt wurden, Martine ſagt auch, er habe mehrere gefunden, die nicht übereinſtimmten. Die Grade werden daran von oben nach unten gezählt, und ihrer Aufſchrift zufolge ſoll der

0 Grad — ſehr warm
25 — — warm
45 — — gemäßigt
65 — — Froſt

andeuten. So nimmt es auch Celſius, der ſich auf Anrathen des Jurin in ſeiner Einladung gemeinſchaftliche Wetterbeobachtungen anzuſtellen, eines hatte kommen laſſen. Martine ſahe ſich um ſolche um, die mit dem bey der Societät aufbehaltenen Muſter übereintrafen. Er vergleicht ſie durch wirkliche Beobachtung mit ſeinem Fahrenheitſchen Queckſilberthermometer. Da er aber nicht

mußte, daß eine ſolche Vergleichung eine Reduction erfordert, ſo will ich ſeine Beobachtungen mit der Reduction auf meine Weingeiſtthermometer herſetzen, da ich dieſe als wahre Reaumurſche anſehen kann. (§. 132.)

Hawksbées. Weingeiſt.	Fahrenheit Queckſilber.	Reaumur Weingeiſt.
$78\frac{1}{2}$	32	0
$34\frac{1}{2}$	64	14,9
44		14,9

Es betragen demnach 44 *Hawksbée*ſche Grade ſo viel als 14,9 Reaumurſche. Es folgt ferner, daß der oberſte Punct oder 0 Grad der *Hawksbée*ſchen Stuffenleiter auf den 26,6ten Reaumurſchen Grad trift, welches eine ſtarke Sommerhitze anzeigt, wo Butter ſchmelzt, ohne eben an der Sonne zu liegen. Das Muſter der *Hawksbée*ſchen Thermometer mag demnach in Abſicht auf den Punct 0 oder große Hitze ganz gut geweſen ſeyn. Wenn hingegen die Aufſchrift auf dem 65ſten Grad Froſt anſetzt, ſo kann dadurch nicht der Frierpunct verſtanden werden, weil dieſer auf den $78\frac{1}{2}$ Grad fällt. Dieſes betrift nun das Muſter und die mit demſelben gleichſtimmenden *Hawksbée*ſchen Thermometer. Von dem nicht gleichſtimmenden muß demnach jeder für ſich unterſucht werden.

§. 158.

Unter dieſen kömmt des Celſius ſeiner vor. Wegen der Menge damit angeſtellter Beobachtungen verdient er eine Unterſuchung. Und dieſe hat Celſius theils ſelbſt vorgenommen, theils Umſtände dazu angegeben. Er fand im Jenner 1740, daß von ſeinen Thermometern das *Hawksbée*ſche 126, das Reaumurſche — 19, das *de l'Isle*ſche 192 Grade zeigte. Mit dem *de l'Isle*ſchen verglichen, zeigte das Reaumurſche zu wenig. Der 192ſte Grad von des *de l'Isle* Queckſilberthermometer trift auf — 22,4 des Reaumurſchen Queckſilberthermometers, und auf — 21 des wahren Reaumurſchen Weingeiſtthermometers. Dieſer — 21ſte Grad muß zur Vergleichung genommen werden. Er trift alſo mit dem 126ſten *Hawksbée*ſchen überein. Nach Martine müßte es aber nicht der 126ſte, ſondern der

$$\frac{14}{15} \cdot 21 + 78,5 = 140\frac{1}{2}$$

Grad ſey. Des Celſius Thermometer bleibt alſo bey dieſem Punct um $14\frac{1}{2}$ Grade zu hoch. Ferner ſieht Celſius den 65ſten als den wahren Frierpunct an. Wenn er ihn wirklich ſo befunden, ſo liegt derſelbe $13\frac{1}{2}$ Grad höher als an des Martine ſeinem, weil Martine $78\frac{1}{2}$ Grad findet. Man kann alſo vermuthen, daß die Stuffenleitern zwar gleich ſind, aber einen ungleichen Anfang haben. Es

iſt aber nicht bewieſen, daß der 65ſte Grad würklich der Frierpunct ſey. Ich finde im 5ten Bande der *Miſcell. Berolin.*, daß Celſius ſeine daſelbſt vorkommende ſehr umſtändliche Wetterbeobachtungen nach Juſtins Vorſchrift angeſtellt, und folglich das Thermometer in einem nicht geheizten Zimmer gehabt hat. Da konnte es nun freylich den 65ſten Grad anzeigen, wenn es in freyer Luft ſchon ſtark friert. Aber deswegen iſt der 65ſte Grad nicht der Grad des frierenden Waſſers, weil die Zimmer nicht ſo geſchwinde als die äußere Luft erkälten. Ferner findet Celſius im Jahr 1731. die größte Sommerhitze bey ſeinem 20ſten Grad, und ſagt, die gewöhnliche Sommerwärme ſey der 30ſte Grad. Sollte nun Celſius 65 Grad haben, wo Martine 78½ ſetzt, ſo würde des Celſius 30ſter Grad auf Martinens 43½ fallen, und folglich mit der Kellertemperatur ziemlich übereintreffen, und dieſes würde ſelbſt in Schweden keine Sommerwärme heißen können. Auch ſehe ich aus der Verwandlung der *Hawksbée*ſchen Graden in Schwediſche, die Wargentin im 19ten Bande der ſchwediſchen Abhandlungen vorgenommen hat, daß des Celſius Thermometer von dem Martinſchen wenig oder nichts unterſchieden ſeyn kann.

§. 159.

Es wird alſo richtiger ſeyn, wenn wir ſetzen, die Aufſchriften des *Hawksbée*ſchen Thermometers zeigen den Zuſtand der äußern Wärme und Kälte an, wenn das Thermometer nicht vor dem Fenſter, ſondern in einem ungeheizten Zimmer beobachtet wird. Dieſes iſt der Fall der meiſten ehemaligen Wetterbeobachtungen. Man kann hiedurch erklären, woher es komme, daß man 1731, 1732. zu Neapel das *Hawksbée*ſche Thermometer beym 56ſten Grad gefunden, als es auf den Straßen fror. Man darf ſich nur gedenken, daß das Thermometer im Zimmer hieng, und daß der Froſt zu Neapel nicht ſo lange dauert, daß die Zimmer auch nur bis zum 65ſten, geſchweige dann bis zum 78½ Grad erkälten können.

IV. Hales.

§. 160.

Hales hat ſich, wie er in ſeiner Statik der Gewächſe erzählt, ein ſehr wiſſenſchaftliches Garrenthermometer, und zwar im Jahr 1724, zu einer Zeit verfertigt, wo wiſſenſchaftliche Thermometer noch ſehr ſelten waren. Er wollte ein Inſtrument haben, welches die Grade der Wärme ſo weit anzeigte, als ſie bey der Theorie vom Wachsthum der Pflanzen erforderlich ſeyn kann. Er wählte hiezu den Grad des gerinnenden Wachſes. Auf der andern Seite ſahe er die Kälte des frierenden Waſſers als den Grad an, bey welchem das Wachsthum der Pflanzen aufhört. Dieſe zween Puncte bemerkte er auf ſeinem Thermometer und

theilte den Zwischenraum in 100 Theile, die er vom Frierpunct an aufwärts zählt. Nach meinen Reaumurschen Thermometern gerinnet Wachs beym 56sten Grade. Die Halesische Stuffenleiter hat also nicht die geringste Schwierigkeit.

§. 161.

In erst erwähntem Werke führt Hales viele Beobachtungen an, die er mit seinen Thermometern angestellt hat. Die vornehmsten davon sind folgende:

0.	Frierpunct.
100.	gerinnend Wachs.
64.	Blut in lebenden Thieren.
54.	Wärme unter dem Arm.
55.	Kühemilch.
58.	Urinwärme.
56.	Wärme zum Eyerbrüten.
50.	Sommerwärme.
85.	Wärme der Mistbeeten.
88.	gröste Sonnenhitze.

§. 162.

Es war ferner Hales nicht nur um die Aeste und Blätter, sondern auch um die Wurzeln der Pflanzen besorgt. Zu diesem Ende senkte er im Garten Thermometer 2, 4, 8, 16, 24 Zoll tief in die Erde, und ließ noch eines oben auf stehen, dessen Kugel nur die Erde berührte. Von den 4 und 8 Zoll tiefen giebt er die Beobachtungen nicht an. Von den andern sind die merkwürdigsten Beobachtungen folgende:

0	2	16	24	Zoll unter der Erde.
48	45	33	31	im August 1724.
3	10	14	16	zu Ende des Octobers.
— 4	—	—	6	im Winter.
+24	20	24	23	1725. im Sommer.

§. 163.

Bey diesem Thermometer konnte Martine sich nicht zurechte finden, als er es mit dem Fahrenheitschen vergleichen wollte. Anfangs schien ihm die Sache leicht. Hales hatte zween sehr kenntliche Grade, nemlich den Frierpunct und die Wärme des gerinnenden Wachses zum Grunde gelegt. Martine nahm also

ſein Fahrenheitſches Queckſilberthermometer, und fand für gerinnend Wachs den 142ſten Grad. Da nun der Frierpunct auf den 32ſten fällt, ſo beträgt der Unterſchied 110 Fahrenheitſche Grade. Und dieſe ſind demnach ſo viel als die 100 Grade des Haleſiſchen Thermometers. Nun war noch zu ſehen, wie es um die übrigen von Hales beobachteten Grade ſtehe. Martine begnügt ſich aber zu ſagen, daß Hales im Anfang des Frühlings ſeine Thermometer beym 13ten Grad befunden habe, als das Fahrenheitſche beym 48ſten ſtund. Damit würden 13 Haleſiſche Grade ſo viel als 16 Fahrenheitſche ſeyn. In der Kupferplatte macht Martine 60 Haleſiſche Grade 74 Fahrenheitſche gleich. Damit kommen drey verſchiedene Verhältniſſe heraus, nemlich 100: 111, 13: 16, 60: 74. Dieſer Unterſchied fällt ganz weg, wenn wir den ungleichen Gang des Queckſilbers und des Weingeiſtes mit in die Rechnung ziehen, oder um kürzer zu verfahren, das Haleſiſche Thermometer mit dem Reaumurſchen Weingeiſtthermometer vergleichen. Denn da 100 Haleſiſche Grade ſo groß als 56 Reaumurſche ſind, ſo ergiebt ſich ohne Mühe folgende Vergleichung:

Hales.	Reaumur.	
54	$30\frac{1}{4}$	Wärme unter dem Arm.
58	$32\frac{1}{2}$	Uriuwärme.

welche ſehr richtig iſt. Und es bleibt deſſen unerachtet auch richtig, daß der 13te Haleſiſche Grad mit dem 48ſten Fahrenheitſchen oder eigentlich mit $48\frac{1}{5}$ übereinſtimmt. Denn 13 Haleſiſche Grade geben 13. 0,56 = 7,28 Reaumurſche von Weingeiſt, folglich (nach der zweyten Formel des 123. §.) = 7,17 Reaumurſche von Queckſilber. Und dieſe geben $\frac{1}{80}$. 7,17 = 16,13 oder $16\frac{1}{5}$ Fahrenheitſche. Dieſe zum Grad des Frierpuncts 32 addirt geben $48\frac{1}{5}$ Grad.

V. Fowler.

§. 164.

Hier iſt noch ein Weingeiſtthermometer, das Martine mit dem Fahrenheitſchen Queckſilberthermometer nicht richtig vergleichen konnte. Fowler hat daſſelbe zum Behuf der Gewächshäuſer verfertigt. Er ſchrieb bey den Graden deſſelben die Namen der Gewächſe, welche bey ſolchen Graden der Wärme am beſten fortkommen. Es ſind folgende, ſo wie ſie Hales ebenfalls nach ſeinem Thermometer angiebt.

Fowler.	Hales.	Gewächſe.
+ 30	31	*Melocactus.*
+ 25	29	*Ananas.*
+ 20	26	*Piment.*

Digitized by Google

Fowler.	Hales.	Gewächse.
+ 15	24	*Euphorbium.*
+ 10	21½	*Cereus.*
+ 5	19	*Aloe.*
0	16½	*Ficus indica.*
— 5	14	*Ficoides.*
— 10	12	*Orange.*
— 15	9	*Myrthen.*

Martine sagt nun, Fowler habe auf sein Verlangen den Grad des frierenden Wassers untersucht, und ihn bey — 34 gefunden. Dieses giebt auch die Vergleichung mit den Halesischen Graden an sich schon an. Wenn nun Martine weiter sagt, er finde aus verschiedenen Vergleichungen, daß der 16te Fowlersche Grad mit dem 64sten Fahrenheitschen eintreffe, so giebt er 3 Grade zu viel an. Denn es soll nur der 61ste seyn.

VI. Benart.

§. 165.

Dieses Thermometer ist mir aus *I. GESNERI Thermometro botanico* bekannt geworden. Es ist ebenfalls botanisch, und zählt von 2 zu 2 Graden fort, was Fowler von 5 zu 5 Graden zählt. Die Vergleichung ist leicht anzustellen, und giebt folgendes an:

Fowler.	Benart.	Gewächse.
— 55	0	
— 15	8	*Myrthus.*
— 10	10	*Amarillis Sarnienſis.*
	11	*Olea.*
— 5	12	*Ficoides.*
	13	*Capparis.*
0	14	*Ficus indica.*
	15	—— *Punica.*
+ 5	16	*Aloe*
	17	*Caſſia.*
+10	18	*Cereus.*
	19	*Zingiber.*
+15	20	*Euphorbia.*
	21	*Tamarindus.*
	23	*Coffea.*

Digitized by Google

Fowler.	Benart.	Gewächse.
+ 25	24	*Pinus exotica.*
+ 30	26	*Rheum perſicum.*
	27	*Laurus Cinamomea.*

Siebenter Abſchnitt.

Von andern bisher gebrauchten Weingeiſtthermometern.

§. 166.

Es ſind ſehr viele Wetterbeobachtungen vorräthig, die mit alten oder gemeinen Drebbelſchen oder Florentiniſchen Thermometern angeſtellt, und oft viele Jahre durch fortgeſetzt worden ſind. Man findet davon in den Breslauer Sammlungen, in Büchners Fortſetzung derſelben, in dem *Commercio epiſtolico*, und mehrern andern Jahrbüchern einen großen Vorrath. Die Liebhaber ſolcher Beobachtungen ſchafften ſich gewöhnlich Thermometer an, die ſchon ganz fertig und an Brettchen geheftet waren. Daß man ſie vom Brettchen wegnehmen, die Kugel mit der Hand umſchließen oder unter die Achſel bringen, oder in friſchgelaſſen Blut, Urin, Milch, Schnee, frierend Waſſer ꝛc. ſtellen könne, um dieſe Grade von Wärme anzuzeichnen, das kam wenigen oder keinem in Sinn, und ſo mangeln nun gerade die Angaben, mittelſt welcher man am ſicherſten ſehen könnte, wie die Eintheilung beſchaffen geweſen.

§. 167.

Einige dieſer Beobachter gebrauchten zwar die Vorſichtigkeit von ihren Thermometern das Maaß anzugeben. Sie maßen aber gewöhnlich nur die Länge der Röhre in Zollen. Nur wenige gaben den Diameter der Kugel an. Und wenn etwa auch des Diameters der Röhre gedacht wurde, ſo war es der äußere des Glaſes. Indeſſen hätte der innere und ſehr genau gemeſſen werden müſſen. Dieſer ſcheint aus dioptriſchen Gründen um die Hälfte größer zu ſeyn als er wirklich iſt, weil die Stralenbrechung aus Luft in Glas das Verhältniß 3 : 2 angiebt. Da aber die Diameter ſehr klein ſind, ſo können ſie auf dieſe Art nicht mit behöriger Genauigkeit gemeſſen werden. Ich übergehe daher Kürze halber, den Beweis dieſes dioptriſchen Satzes um ſo mehr, da er ohne Mühe zu finden iſt. Es wird dabey weiter nichts vorausgeſetzt als daß die Stralen parallel nach dem Auge gehn, welches, wenn man die Röhre 8 und mehr Zoll weit vom Auge hält, wegen ihres geringen Diameters, ohne merklichen Fehler angenommen werden kann.

§. 168.

§. 168.

Es bleibt also kaum etwas mehr, als die Beobachtungen selbst. Und da ist die Frage: wiefern man aus den täglich beobachteten Graden eines Thermometers die Stuffenleiter desselben kenntlich mache und mit bekannten Thermometern vergleichen könne. Dieses ist nun schweer oder leichter, je nach dem Umstände angegeben sind. Ich setze demnach, daß der Ort der Beobachtung bekannt sey, weil nicht alle Länder gleichen Wechsel von Wärme und Kälte haben. Sodann sieht man, ob der Beobachter die Lage seines Thermometers angegeben, nemlich, es vor dem Fenster oder in einem offenen Gange, oder geschlossenem Zimmer, gegen Mittag oder Mitternacht gestanden, ob die Gegend um das Haus herum frey oder mit Häusern angebauet ist. Ferner, ob Morgens, Mittags oder Abends beobachtet worden, oder ob die Tagesstunden dazu nicht regulär angesetzt waren.

§. 169.

Man sieht ohne Mühe, daß man aus solchen Umständen, auch wenn sie alle bekannt sind, keine sehr große Genauigkeit erwarten kann. Es wird dieses aber auch nicht immer erfordert. Man fängt demnach an, die Grade der größten Wärme aufzusuchen. Diese erstrecken sich in unsern Gegenden vom 20sten bis zum 26sten Reaumurschen Grad. Wenn man demnach ohnehin oder aus andern Beobachtungen weis, ob der Sommer kalt oder mäßig oder sehr heiß gewesen, so kann man zwischen diesen 6 Reaumurschen Graden so ziemlich eine Wahl treffen. Wenn die Wärme einmal in die Mauern und Wände eingedrungen, so macht die Lage des Zimmers keinen merklichen Unterschied mehr, es wäre denn, daß es dem Tageslicht verschlossen bliebe, wie es geschieht, wenn man ein Zimmer kühl erhalten will.

§. 170.

In Ansehung der Winterkälte giebt es mehr Schwierigkeit, weil sie von einem Jahr zum andern viel stärker abwechselt. In hiesigen Gegenden sind die Grenzen zwischen 6 und 18 Reaumurschen Graden unter dem Frierpunct. In bergigten Gegenden sind sie tiefer. Wenn nun aber das Thermometer in freyer Luft gehangen, und der Beobachter hat angezeigt, an welchen Tagen es angefangen hat zu frieren oder aufzuhauen, so wird man auf seinem Thermometer den Frierpunct wenig oder gar nicht verfehlen, wenn man aus allen an solchen Tagen beobachteten Graden das Mittel nimmt. Auch werden diese Grade selbst unter sich wenig verschieden seyn. Hingegen sind sie es mehr, wenn das Thermometer nicht an der freyen Luft, sondern in Zimmern beobachtet wird, die nicht geheizt werden, und wo die äußere Luft keinen freyen Zugang hat. Wenn man in solchen Zimmer Wasser hat, und findet es gefroren, wie es nach einer langen und

Staatliche Hofbibliothek München

Digitized by Google

starken Kälte leicht geschiehet, so wird das Thermometer ebenfalls nahe am Frierpunct stehen. Ich habe aber diesen Umstand selten bey Wetterbeobachtungen angezeigt gefunden.

§. 171.

In solchen Zimmern zeigt das Thermometer beym Anfang und Ende des Frostes sehr verschiedene Grade, je nachdem das Thauwetter gelinder oder der Frost stärker und anhaltender war. Da ich das Thermometer mehrere Jahre in der Stube, in zwey nicht gewärmten Zimmern und vor dem Fenster gegen Norden, sürnemlich des Morgens, beobachtet habe; so finde ich folgendes:

1. ° Beym ersten Frost im October stand das Reaumursche Thermometer vor dem Fenster auf 0, in den Kammern bey 8 Grad über 0.
2. Bey Anfang des Frostes im November stand es in den Kammern bey 6 Grad. Hingegen bey 4 oder 5 Grad, wenn es wieder aufthauete.
3. Im December bey Anfang des Frostes auf 5 Grad, beym Aufthauen auf 3 bis 4 Grad.
   In diesen Monaten dauerte der Frost nicht lange.
4. Im Jenner war das Thermometer in den Kammern, wenn es anfieng zu frieren, bey 4 Grad, wenn es aufhörte bey 2, auch wohl bey 1 Grad, und wenn der Frost nicht lange dauerte bey 3 Grade.
5. Im Februar, wo es zuweilen mehrere rechte Frühlingstage giebt, steigt das Thermometer alsdann in den Kammern bis auf 6, 7 Grade. Gewöhnlich aber stehet es bey wiederkehrendem Froste auf 4 oder 5 Grad, beym Thauwetter auf 8 Grad.
6. Eben dieses findet sich auch im März, beym Frieren und Aufthauen.
7. Im April thauet es gewöhnlich ganz auf, und da hält sich das Thermometer in der Kammer beym 3, 4, 5ten Grade.

§. 172.

Nach diesen Sätzen habe ich nun die oben (§. 158.) erwähnte Beobachtungen des Celsius in den *Miscell. Berol. Tom. V.* vorgenommen, und finde, daß sein *Hawksbeesches* Thermometer im October, wenn es anfängt zu frieren, beym 56, 57, 58sten Grad stund. Im November beym 60sten bis 64sten, und als es aufthauete, beym 67sten. Im December ebenfalls. Im Jenner und Hornung beym 69sten oder 70sten. Im März beym 60sten bis 67sten, und wenn es wieder fror beym 54sten. Diese Grade sind zu sehr verschieden, als daß man nicht schließen sollte, das Thermometer habe in einem Zimmer gehangen. Es folgt also

Digitized by Google

1. daß der 54ste oder 55ste Grad des Celsius mit dem 8 Reaumurschen, und
2. der 69ste oder 70ste mit dem 11ten Reaumurschen sehr nahe übereintreffen werde. Und daraus folgt ferner, daß beym Celsius der wahre Frierpunct auf 78 oder 79 fallen müsse. Dieses kömmt nun mit des Martine Versuch (§. 157.) sehr gut überein.

§. 173.

Ungeachtet nun diese Betrachtungen dienen können, den Frierpunct zu finden, und folglich die Sprache des Thermometers verstehen zu lernen, so lernen wir dennoch dadurch nur den Zustand der Wärme und Kälte in dem Zimmer beurtheilen, wo das Thermometer befindlich war. Der Zustand der äußern Luft muß daraus erst durch Schlüsse gefunden werden. Hieben kann man sich eben nicht sehr viele Genauigkeit versprechen. Indessen ist die Mühe, so man sich deswegen giebt, doch auch nicht vergebens. Aus meinen vorhin (§. 171.) erwähnten Beobachtungen finde ich folgendes:

1. In September geht das Thermometer in der Kammer mit dem vor dem Fenster überhaupt betrachtet zu gleichen Schritten.
2. Im October trägt der Unterschied, überhaupt betrachtet, 3 bis 5 Reaumursche Grade aus.
3. Im November ist derselbe 5 bis 7 Grade.
4. Im December 5 bis 8 Grade.
5. Im Jenner 8, 10, auch wohl 12 Grade.
6. Im Februar nimmt er wieder ab, so daß er 4 bis 8 Grade beträgt.
7. Im März kömmt er wieder der Gleichheit näher, die im April fast ganz wieder hergestellt wird.

§. 174.

Dieses betrift den Gang des Thermometers überhaupt betrachtet, so fern nemlich das Thermometer der kleinern täglichen Veränderungen unerachtet, vom October bis im Jenner tiefer fällt, und von da an wieder steigt. Es geht aber nicht so einförmig zu. Denn außer den täglichen Veränderungen giebt es noch solche, wo die Kälte mehrere Tage lang zu, und dann wieder abnimmt. Diese zeigt das Thermometer in der Kammer zwey, drey bis viermal geringer an, als das in der äußern Luft, je nachdem sie stärker oder schwächer sind. Ueberdies zeigt das Thermometer vor dem Fenster diese Veränderungen, zumal wenn sie an sich schnell sind, allzeit früher an, weil es Zeit dazu gebraucht, bis die äußere Wärme und Kälte durch die Mauern und Wände durchdringt.

§. 175.

So z. E. Celsius spricht Wunders davon, was es für eine Kälte war, als sein *Hawksbéeſches* Thermometer den 11ten Jenner 1732 auf den 124ſten Grad fiel. Und doch iſt es nur der 15te oder 16te Reaumurſche Grad unter 0. Eine ſolche Kälte will zu Upſal noch nicht viel ſagen. Wir können aber wenigſtens noch 10 Grade mehr und damit den 25ſten oder 26ſten Reaumurſchen Grad unter 0 annehmen, wenn wir auf die Kälte der äußern Luft einen Schluß machen wollen. (§. 173. Nro. 5.) Das iſt ſodann ſchon eine Kälte, die in Schweden außerordentlich heißen kann.

§. 176.

Die ganze jährliche Veränderung des Thermometers in der Kammer iſt überhaupt betrachtet um $\frac{1}{3}$ kleiner als die in freyer Luft. In der größten Sommerhitze ſind ſie kaum um einen Grad von einander verſchieden, ſo daß erſteres beym 24ſten oder 25ſten Grad ſteht, wenn letzteres 26 Grade weiſet. Hingegen wird der Unterſchied gegen den Winter zu größer, ſo daß wenn das Thermometer in freyer Luft ſchon 10 Grade unter dem Frierpunct ſteht, das in der Kammer kaum noch den Frierpunct erreichet. Man ſieht hieraus, wie man, wo nicht die Stuffenleiter, doch wenigſtens die Aufſchriften einrichten muß, wenn ſie, ungeachtet das Thermometer in der Kammer ſteht, den Zuſtand der äußern Luft anzeigen ſollen. An dem Reaumurſchen Thermometer kann man bey

+ 24	Grade	—	größte Hitze
+ 13	—	—	gemäßigt
+ 7	—	—	Froſt
0	—	—	große Kälte

ſchreiben. Ich habe bereits (§. 159.) geſagt, daß das *Hawksbéeſche* Thermometer dieſe Einrichtung hatte. Man findet auch

Reaumur.	*Hawksbée.*	
+ 27	0	größte Hitze.
+ 18	25	warm.
+ 11½	45	gemäßigt.
+ 7½	56	Froſt zu Neapel.
+ 4½	65	ſtärkerer Froſt.

Daß *Hawksbée* die größte Hitze höher anſetzt, läßt ſich erklären, wenn man annimmt, er habe auf Zimmer Rückſicht genommen, welche die Mittagsſonne haben, und den Grad lieber zu groß als zu klein anſetzen wollen. Eben ſo ſetzt er

Digitized by Google

ſeinen Froſtpunct etwas tiefer, weil ein geringer Froſt oft nur in den Morgenſtunden einfällt. Ein ſolcher war aber der zu Neapel.

§. 177.

Ich habe von der ſtrengen Winterkälte der Jahre 1709 und 1728 mehrere Beobachtungen gefunden, wo die Sprache des Thermometers durch Betrachtungen von dieſer Art muß aufgeklärt werden, theils weil die Eintheilung unbekannt iſt, theils weil die Thermometer nicht an der freyen Luft, ſondern in Zimmern ſtunden. Unter dieſe Beobachtungen gehört Wolfens Diſſert. de Hieme 1709. Er giebt aber die Grade ſeines Thermometers und die Veränderungen des Wetters nicht Tag für Tag, ſondern ſehr zerſtreuet an. Und von den Graden des Sommers ſagt er vollends nichts. Den 19ten October 1708 fand er ſein Thermometer im Zimmer bey — 36 Grad, und als er es an das Fenſter legte, fiel es auf — 65. Dieſes war beym erſten Anfange des Froſtes. Den 26ſten Jan. 1709, als nach der ſtrengſten Kälte Thauwetter einfiel, zeigte ſein Thermometer im Zimmer — 72 Grade. Dieſer Grad mag nun vom eigentlichen Friespunct wenig verſchieden geweſen ſeyn. Wenn nun auch der Grad für die Sommerhitze angegeben wäre, ſo würde ſich noch eine ziemlich genaue Vergleichung anſtellen laſſen. Im April 1709 ſteigt Wolfens Thermometer bis zum 0 Grad, als dem Grad der Kellerwärme hinauf. Und daraus folgt, daß ungefähr 7 Wolfſche Grade ſo viel als 1 Reaumurſcher betragen. Und nach dieſer Verhältniß würde an Wolfens Thermometer der 100te Grad der Wärme dem 25ſten oder 26ſten Reaumurſchen gleich ſeyn. Ich habe hierauf in Wolfens nützlichen Verſuchen nachgeſehen, ob darinn einige Nachricht von dieſem 1709. gebrauchten Thermometer vorkömmt. Und im 2ten Bande §. 63, 65, 67. finde ich, daß er eines großen alten Thermometers Erwähnung thut, welches er ſich 1708 angeſchaffet. Er klagt daſelbſt, daß es 1722 nicht mehr recht zu den obern Graden der Wärme hinauf will. Das will nun aber wohl nicht mehr ſagen, als daß damals der Frühling und Sommer nicht ſonderlich warm geweſen. Indeſſen folgt daraus, daß Wolfens Thermometer in einigen vorhergehenden Sommern wirklich bis zu den höhern Graden geſtiegen, und folglich die Stuffenleiter deſſelben, die 100 Grad Wärme und 100 Grad Kälte enthielt, wirklich gut angepaſſet war. Dieſes war deswegen anzumerken, weil es Thermometer gegeben hat, die eine und eben dieſelbe gedruckte Stuffenleiter hatten, deren Gang aber ganz verſchieden war.

§. 178.

Aus dieſen Betrachtungen wäre demnach Wolfens Thermometer ziemlich kenntlich gemacht. Und wir würden wenig fehlen, wenn wir ſeinen 100ten Grad

der Wärme auf Reaumürs 28ſten, und den Frierpunct auf Wolfens — 72 oder — 73 ſetzten. Ich finde nun in Wolfens nützlichen Verſuchen, daß er ſein Thermometer mit ſeinen zwey Fahrenheitſchen verglichen, von welchen ich bereits im vorhergehenden die Stuffenleiter beſchrieben habe. (§. 110 — 112.) Was aber bey dieſer Vergleichung das ſchlimmſte iſt, ſo hat Wolf dazu nicht nur nicht die äußerſten, ſondern wenig unterſchiedene Grade genommen, und überdies die Vergleichung gerade nur deswegen angezeigt, damit man ſehen könne, daß die beyden Fahrenheitſchen zwar unter ſich, aber nicht mit ſeinem alten großen Florentiniſchen übereinſtimmen, ſondern bald mehr, bald minder zeigen. Dieſes rührte aber ſchlechthin nur daher, daß gröſſere Thermometerkugeln die Veränderungen der Wärme und Kälte langſamer annehmen. Wolfs Beobachtungen ſind nun in folgender Tafel in Ordnung gebracht:

Fahrenheit. (§. 112.)	Wolf.	Das Mittel.
8. 2 = 34	— 64	— 64
3 = 35	— 65 viermal, 62, 61	— 64
9. 0 = 36	— 65, 64, 62, 61	— 63
1 = 37	— 65, 64, 62, 62, 61, 61, 60, 60, 59, 59, 57	— 61
2 = 38	— 60 viermal, 59 viermal	— 59½
3 = 39	— 55	— 55
10. 0 = 40	— 56, 52, 52, 51, 50	— 52
1 = 41	— 49, 45	— 47
2 = 42	— 45	— 45
3 = 43	— 40	— 40

Die dritte Columne habe ich beygefügt, um zu ſehen, wie fern, wenn man aus den von Wolf beobachteten Graden das Mittel nimmt, dieſes den Graden der Fahrenheitiſchen Thermometer angemeſſener ſeyn würde. Ich ſahe hierauf dieſe als Abſciſſen, und die Zahlen der dritten Columne als Ordinaten an, und nahm die Zeichnung vor. Die Puncte der Ordinaten lagen zwar nicht völlig in gerader Linie, doch ſo, daß dieſe ziemlich genau könnte zwiſchen den Puncten durchgezogen werden. Und ſo fand ich genauer, daß

Fahrenheit.	Wolf.
8, 3 = 35	— 71½
10, 3 = 43	— 41½

zuſammentreffen. Demnach trugen 3 Grade bey Wolfen 1 Grad bey Fahrenheit aus. Und daraus folgt, daß am Wolfiſchen Thermometer — 74½ der

Frierpunct ist, und Wolfens 0 auf den 57sten Fahrenheitschen oder 25. 4: 9 = 11ten Reaumurschen Grad trift. Damit ist der 100te Wolfische Grad der Wärme eben das, was der 26ste Grad bey Reaumur. Diese Vergleichung zeigt demnach, daß die vorhergehende wenig oder nichts fehlte. Wolf hat 1721 gewiß nicht geglaubt, daß man, was er damals als Beweise wider die Uebereinstimmung der Thermometer vortrug, nicht nur zum Beweise für dieselbe, sondern sogar zur Bestimmung des Verhältnisses gebrauchen würde. So viel kömmt auf die Methode an, Vergleichungen anzustellen. Es ist nur schade, daß 1709 den 11ten und 12ten Jenner, da eben die strengste Kälte war, der Weingeist bis in die Kugel herunter fiel. Wir können also nichts mehr davon sagen, als daß sein Thermometer unter dem 114ten Grad der Kälte gestanden habe, welches auf 6 Grad unter Reaumure 0 ist. Nun hatte zwar Wolf einige Fensterscheiben herausnehmen lassen, damit die Luft im Zimmer die Kälte der äußern Luft mehr annehme. Das hilft aber nicht viel. Und so können wir die Kälte der äussern Luft füglich noch 10 bis 12 Grad stärker annehmen, so daß sie eher bey — 18 als bey — 16 Reaumurschen Graden mag gewesen seyn.

§. 179.

Ich habe alle bisher angeführte Weingeistthermometer mit dem Reaumurschen Weingeistthermometer verglichen, und dieses dadurch zum allgemeinen Maaßstab von jenen gemacht. Ich wüßte auch nicht, warum ich ein anderes hätte wählen sollen. Schon seit einiger Zeit haben Fahrenheit, *de l'Isle* und Reaumur die Oberhand gewonnen. Man ist auch schon gewöhnt, die Fahrenheitischen und *de l'Isle*schen Thermometer als solche anzusehen, die von Queckſilber gemacht werden; da hingegen die Reaumurschen mehrentheils von Weingeist waren, und selbst ihre Eintheilung sich darauf gründet. Endlich hat Reaumur selbst, ohne es zu wissen, und durch einen glücklichen Irrthum die Eintheilung so getroffen, daß seine Weingeistthermometer mit seinen Queckſilberthermometern in der Gegend des Frierpuncts einerley Grade zeigen. (§. 131.) Ungeachtet man auch schon in Schweden, Lyon und England angefangen hat, zwischen frierendem und siedendem Wasser 100 Grade anzunehmen, weil man überhaupt in solchen etwas willkührlichen Dingen gern die Decimaleintheilung einführet; so geht doch dieses von Reaumur nur in so fern ab, als man sieht, daß seine Thermometer von Queckſilber gemacht werden. Denn nimmt man Weingeist, so werden zwischen frierendem und siedendem Wasser dennoch 102, 6 und folglich bey niedrigerm Barometer 100 Reaumursche Grade herauskommen. Es passen übrigens die Reaumurschen Grade sehr gut zu den Wetterbeobachtungen, und sind dabey leicht verständlich. Denn man hat bey

— 20 die ſtrengſte Winterkälte.
— 15 Kälte von geſalzenem Schnee.
— 10 ſtarke Winterkälte.
— 5 geringe Winterkälte.
— 0 frierend Waſſer.
+ 10 gemäßigte Wärme.
+ 20 gemeine Sommerwärme.
+ 25 große Sommerhitze.
+ 30 Wärme der Hand.

§. 180.

Die Gewohnheit thut übrigens bey dem Gebrauche der Thermometer, in Abſicht auf ihre verſchiedene Stuffenleitern, ſehr viel. Es wird demnach das beſte ſeyn, wenn ich die ſämmtlichen Stuffenleitern, die von einigem Belange ſeyn mögen, auf einem Blatt gezeichnet darſtelle, und dabey auf den Unterſchied, ob ſie von Luft, Queckſilber, Weingeiſt oder Leinöl ſind, Rückſicht nehme. Da die meiſten von Weingeiſt ſind, ſo habe ich bey demſelben die Grade gleich groß genacht. Damit mußten die von Luft, Queckſilber und Leinöl ungleiche Grade erhalten, damit durchaus Grade ſo einerley Wärme zukommen in einerley Parallellinien liegen. Ich habe ferner, ſo weit es der Raum zugelaſſen, bey jedem Thermometer, die mit demſelben gemachten Beobachtungen angezeichnet. Unter dieſen habe ich beſonders auf folgende geſehen:

1. ſiedend Waſſer.
2. gerinnend Wachs.
3. Wärme des Leibes.
4. Kellerwärme.
5. friereud Waſſer.
6. geſalzen Eis oder Schnee.

und durch dieſe Grade Parallellinien gezogen, damit ſie auf denen Thermometern, mit welchen ſie beobachtet worden, ohne alle Mühe unter einander verglichen werden können. Ueber jeder Stuffenleiter ſteht angemerkt, von welcher Materie das Thermometer geweſen oder ſeyn muß, wenn die Leiter gelten ſoll. Unten befindet ſich der Name, nebſt den §. §., die man nachſchlagen kann, um mehr Auskunft zu finden.

§. 181.

In dieſer Tafel kömmt das Reaumurſche Thermometer dreyfach vor. 1°. Von Queckſilber, und dieſes zählt vom frierenden zum ſiedenden Waſſer 80 Grade.

Digitized by Google

Grade. 2°. Von Weingeiſt. Dieſes zählt ebenfalls 80 Grade. Es iſt dasjenige, was Reaumur glaubte gemacht zu haben, das er aber nicht gemacht hat. Herr *de Luc* hat es aber gemacht, und zwar in der Abſicht, um deſſen Grade mit dem von Queckſilber zu vergleichen und den ſehr merklichen Unterſchied des Ganges zu zeigen. Dazu mag es dienen. Weiter wollte ich es nicht anrathen, weil man ohnehin ſchon genug verſchiedene Eintheilungen hat. 3°. Ebenfalls von Weingeiſt. Es iſt das wahre Reaumurſche, und trift in der Nähe des Frierpuncts mit dem von Queckſilber zuſammen. Dieſe drey Thermometer ſind die, welche in der 1, 3 und 2ten Columne der oben (§. 124.) gegebenen Vergleichungstafel vorkommen.

§. 182.

Die Luftthermometer des **Amontons**, **Cruquius** und **Polen** habe ich nach ihren Angaben gezeichnet, ohne mich daran aufzuhalten, daß ſie für die Ausdehnung der Luft in frierendem und ſiedendem Waſſer verſchiedene Verhältniſſe herausbringen. (§. 89.) Die beyden letztern haben ihre Thermometer nur zu Wetterbeobachtungen gebraucht, und ſo kommen die höhern Grade bey ihnen gar nicht vor. **Amontons** dehnt hingegen ſeine Stuffenleiter bis zur Hitze des ſiedenden Waſſers aus. Sein Verfahren iſt aber ſo ſehr zuſammengeſetzt, daß leicht einige Unrichtigkeiten mit unter laufen konnten. Und eben daher kam es, daß ſeine Thermometer nicht alle gleich gut ausfielen.

Achter Abſchnitt.

Thermometer zu beſtimmten Abſichten.

§. 183.

Unter die Thermometer, welche zu beſtimmten Abſichten eingerichtet werden, gehört das Amontonſche oben an, weil Amontons eigentlich darauf geſehen, daß er die wahren Grade der Wärme oder ihre Kraft in gleich dichter Luft beſtimmen konnte. Dieſe Abſicht war unſtreitig ſehr weſentlich. Amontons Schlüſſe ſind auch ſehr richtig. Wolf nahm ſie bereits 1709 in ſeine Aerometrie auf, und auch nachher ſind ſie immer gebraucht worden. Nur wollte man den Schluß von Graden der Wärme in der Luft auf Grade der Wärme überhaupt nicht ſo unbedingt gelten laſſen. Man hatte auch wegen der Vieldeutigkeit des Worts Wärme nicht ſo ganz unrecht.

Digitized by Google

§. 184.

Außer dieser ersterwähnten Hauptabsicht giebt es nun noch andere, zu welchen Thermometer eingerichtet werden können. Dahin gehört nun das von Hales ganz zum Behuf des Gewächshauses eingetheilte Thermometer, (§. 160.) so wie auch die von Fowler und Benatt. Indessen kommen bey diesen eigentlich nur die Aufschriften in Betrachtung, weil die Stuffenleitern dabey ganz willkührlich sind. (§. 164. 165.) Auch würde es ungleich besser seyn, wenn nebst den Namen der Pflanzen die Sommerwärme und Winterkälte der Länder angezeichnet wären, wo die Pflanzen einheimisch sind, und in freyem Felde fortkommen.

§. 185.

Herr *de Luc* ist, so viel ich weis, der erste, welcher die Stuffenleiter zu besondern Absichten eingetheilt hat. Man wußte schon seit Amontons, daß, weil die Wärme das Queckſilber im Barometer ausdehnt, eine gleiche Barometerhöhe nicht immer eine gleiche Schwere der Luft anzeigt. Es läßt sich daher ein Thermometer gedenken, welches das Verhältniß anzeigt, in welchem jedesmal die Barometerhöhe größer oder kleiner ist, als sie bey einem bestimmten Grad der Wärme seyn würde. Herr *de Luc* stellte die Versuche mit den Barometern selbst an, und findet 6 Linien Unterschied für die Grade des zerstoßenen Eises und siedenden Wassers. Jede dieser 6 Linien theilt er in 16 Theile, und erhält demnach 96 Theile, deren jeder $\frac{1}{15}$ Linie austrägt, damit man an diesem Thermometer so gleich sehen könne, wie viele $\frac{1}{16}$ Linien zu der Barometerhöhe wegen des Unterschieds der Wärme müssen addirt oder davon abgezogen werden. Für Barometerhöhen, die merklich verschieden sind, muß hiebey noch eine Reduction vorgenommen werden, die sich leicht gedenken läßt, und worauf auch schon andere Rücksicht genommen haben. Ich führe dieses nur erzählungsweise an. Die erwähnten 6 Linien sind mehr als man nach des *de l'Isle* und anderer Versuchen findet, wo nemlich für das Queckſilber die Ausdehnung vom friedenden zum siedenden Wasser nur $\frac{1}{180}$ und demnach auf 336 Linien Barometerhöhe nur 5,04 Linien austrägt.

§. 186.

Das andere Thermometer, so Herr *de Luc* zu besondern Absichten eingetheilt hat, betrifft die von der Wärme herrührende Veränderung in der Dichtigkeit der Luft, bey gleichem Drucke. Hierauf muß man allerdings Rücksicht nehmen, wenn man die Höhen der Oerter, mittelst der Barometerhöhen bestimmen will. Herr *de Luc* gebraucht hiezu alle seine Beobachtungen, und arbeitet sich mit vieler Mühe und Weitläuftigkeit durch dieselben durch. Endlich findet er, daß die Luft bey gleichem Drucke sich um $\frac{1}{215}$ Theil ihres Raumes ausdehnt,

Digitized by Google

wenn das Reaumurſche Queckſilberthermometer um einen Grad ſteiget. Dieſes giebt für den Unterſchied des frierenden und ſiedenden Waſſers $\frac{80}{213} = \frac{16}{43}$ Theile. Und damit dehnt ſich die Luft bey gleichem Drucke vom frierenden zum ſiedenden Waſſer, wie 43 zu 59, folglich wie 1000 zu 1372 aus. Ich habe dafür 1370 als eine runde Zahl angeſetzt. (§. 89.) Herr *de Luc* theilt alſo ſein Thermometer, um etwas größere Grade zu erhalten, zwiſchen frierend- und ſiedendem Waſſer in $\frac{1}{2}$. 372 = 186 Theile. Er gebraucht dabey Amontons Lehrſätze, und nimmt an, daß die Ausdehnungen der Luft und des Queckſilbers einander proportional ſind. Da er nun aus andern Verſuchen findet, daß die Ausdehnungen des Queckſilbers mit den Graden der Wärme, wo nicht vollkommen, doch ſehr nahe, zu gleichen Schritten gehen, ſo wird dieſes ebenfalls von den Ausdehnungen der Luft gelten. Und dann wird mit richtiger Anwendung der Amontonſchen Lehrſätze doch folgen, daß das Luftthermometer nicht bloß arithmetiſche Unterſchiede der Wärme, ſondern abſolute Verhältniſſe ihrer Grade angiebt. Dieſes wollte nun Herr *de Luc* dem Herrn *ANAC* nicht gelten laſſen.

§. 187.

Herr *de Luc* nimmt ferner auf die aſtronomiſche Stralenbrechung Rückſicht, welche bey verſchiedenem Stande des Barometers und des Thermometers verſchieden iſt. Man hat bereits Tafeln, welche die Verbeſſerungen angeben. Und ſo läßt ſich allerdings ſo wohl am Barometer als am Thermometer eine Stuffenleiter anbringen, welche die mit der Stralenbrechung vorzunehmende Reduction unmittelbar angiebt. Es müßte aber die Theorie noch erſt ſelbſt verbeſſert werden, weil außer der Schwere und Wärme noch auf die Dünſte mit geſehen werden muß.

Neunter Abſchnitt.

Einige Anmerkungen über die Gründe der Thermometerabtheilung.

§. 188.

Man iſt nun ziemlich darinn übereingekommen, die Grade des frierenden und ſiedenden Waſſers bey der Eintheilung der Thermometer zum Grunde zu legen. Und ſo blieb nur die Frage, dieſe Grade ſelbſt genau zu unterſuchen. In Anſehung des erſtern Grades, war man nicht ganz eins, ob man frierend Waſſer, Waſſer unter dem Eiſe, ſchmelzend Eis, ſchmelzenden Schnee ꝛc.

Digitized by Google

als den unveränderlichſten Grad anzuſehen habe. Ich finde nicht, daß der Unterſchied merklich iſt, dafern man ihn nicht mit Vorſatz groß machet. Man kann ihn aber groß machen, weil daß Waſſer nicht augenblicklich friert, noch das Eis und der Schnee augenblicklich ſchmelzen, und weil überdies auch das Thermometer den Grad, den es erlangen ſoll, nicht augenblicklich annimmt. Man nehme z. E. in der größten Kälte Waſſer, welches ſchon bis zum Frieren erkältet iſt. Man werfe zerſtoßenes Eis oder Schnee hinein, der 10, 12 und mehr Reaumurſche Grade kälter iſt, ſo wird das Waſſer eben nicht ſo gleich ganz frieren, und doch viel kälter ſeyn als es für den verlangten Frierpunct des Thermometers ſeyn ſollte. Wiederum ſetze man in ein Gefäßchen voll Waſſer, welches eben frieren will, ein Thermometer, das unmittelbar aus einer warmen Stube kömmt, ſo wird man bey ſtrenger Kälte das Frieren an der Oberfläche des Waſſers anfangen ſehen, da das Thermometer erſt noch dem innern Waſſer ſeinen Ueberſchuß von Wärme mittheilt. Iſt das Gefäß groß, und man bringt es voll Waſſer aus der warmen Stube, ſo wird bey ſtrenger Kälte deſſen Oberfläche zufrieren, während dem die innern Theile noch merklich mehr Wärme haben.

§. 189.

Will man demnach ſolche Ungewißheiten vermeyden, ſo thut man am beſten, wenn man zu den Verſuchen die Kälte wählt, die gerade nur zum Frieren hinreichend iſt. Man nehme Waſſer, welches ſchon die zum Frieren erforderliche Kälte hat. Man laſſe ebenfalls das Thermometer erſt dieſen Grad annehmen, damit es nicht in das Waſſer eine Wärme oder Kälte hineinbringe, die es nicht haben ſoll. Es wird alſo gut ſeyn, wenn das Thermometer voraus ſchon unter Waſſer geſtanden, deſſen Oberfläche gefroren iſt. Je langſamer das Waſſer friert, deſto ſicherer geht der Verſuch von ſtatten. Daß man nicht viel Waſſer nehmen muß, verſteht ſich von ſelbſt, und eben ſo auch, daß das Waſſer nicht geſalzen ſeyn müſſe, weil geſalzen Waſſer mehr Kälte zum Frieren erfordert als reines Waſſer.

§. 190.

In Anſetzung des andern Grades, nemlich des ſiedenden Waſſers, hat Fahrenheit eine Veränderlichkeit bemerkt, die von der Barometerhöhe abhängt. Man fand, daß, wenn das Barometer um 1 Zoll tiefer ſteht, daß ſiedende Waſſer um etwa 2 Fahrenheitſchen Grade weniger Wärme hat. Um aber dieſen an ſich geringen Unterſchied genauer zu beſtimmen, wurden Barometer und Thermometer auf hohe Berge gebracht, wo das Barometer um viele Zolle tiefer ſtund. In den Memoires de l'Acad. de Paris 1740. finde ich, daß Herr le *Monnier*. zu Perpignan bey der Barometerhöhe von 28″. 2‴. und auf dem

Canigou bey der Barometerhöhe von 20″. 2‴, den Verſuch angeſtellt, und auf dem Berge das ſiedende Waſſer um 15 *de l'Isle*ſche Grade weniger warm gefunden. Der Unterſchied der Barometerhöhe beträgt 8 Pariſer Zoll, und die 15 *de l'Isle*ſche Grade ſind ſo viel als 18 Fahrenheitſche oder 8 Reaumurſche Queckſilber-Grade.

§. 191.

Im Jahr 1769 und 1770 fand der Abt *Faugere* die Hitze des ſiedenden Waſſers, wie folgt:

Zu *Bourdeaux*	80 Gr. *Reaum.*		28″. 0‴	Barom.
Barreges	77¾ —	—	24. 3	—
auf dem *Pic du midi*	72 —	—	20. 7	—

§. 192.

Es hat ſich aber in dieſer Unterſuchung niemand mehr Mühe gegeben als Herr *de Luc*. Sein Reaumurſches Thermometer zeigt 80 Grad für ſiedendes Waſſer, wenn das Barometer bey 27 Pariſer Zollen ſteht. Von ſeinen zahlreichen Beobachtungen wird es genug ſeyn, folgende anzuführen:

1770. 2 Jul.	zu *Beaucaire*	28″.	5‴	Barom.	81,09 Therm.
2 Aug.	zu *Auriol*	27.	11	—	80,72 —
20 Nov.	zu *Geneve*	25.	11,4	—	79,19 —
16 Sept.	*Grange des arbres*	24.	10,6	—	78,20 —
21 —	*Grange des fonds*	24.	1,1	—	77,45 —
22 —	*Graſſe chevre*	22.	11,9	—	76,54 —
25 Aug.	*Grenairon*	20.	4,9	—	73,92 —
25 Sept.	*Glacier du Buet*	19.	7,9	—	73,21 —

§. 193.

Ich habe die Barometerhöhen als Abſciſſen und die Thermometergrade als Ordinaten gezeichnet, und gefunden, daß die dadurch beſtimmten Puncte von einer geraden Linie ſehr wenig abweichen, und daß man eben daher für jeden Zoll Barometerhöhe 0,9 Grad des Reaumurſchen Queckſilberthermometers rechnen kann. Dieſes iſt zum gemeinen Gebrauche mehr als hinreichend. Die gerade Linie, ſo ich zwiſchen alle Puncten durchgezogen habe, giebt

Barometer.	Thermometer.
29″	81,8
28	80,9
27	80,0
26	79,1
19	72,8

Herr *de Luc* glaubt ferner, er habe über ſiedendem Waſſer einen luftleeren Raum erhalten können, und ſagt, das Waſſer habe nur 65 Grad Wärme angenommen; es ſey aber, als wiederum Luft hinzugekommen, bis auf 89,8 Grade erhitzt worden, nachdem aber mehr Luft ſich hineingezogen, ſey die Hitze deſſelben bey 27 Zoll Barometerhöhe wiederum auf 80 herunter gekommen. Dieſes ſind drey verſchiedene Grade, von welchen ſich nur die zween erſten mit einander vergleichen laſſen. Sie geben 89,8 — 65 = 24,8 Grade Unterſchied. Und wenn in der That das Waſſer ſo viel als luftleer geweſen, ſo ſind dieſe 24,8 Grade für 27 Zoll Barometerhöhe. Dieſes giebt für jeden Zoll 0,91 Grad, und trift mit dem, was meine gerade Linie giebt, ſehr nahe überein. Es wird demnach aus beyden Betrachtungen folgen, daß der Druck der Luft, wenn das Barometer 27 Pariſer Zoll Höhe hat, die Hitze des ſiedenden Waſſers um 24 bis 25 Grade des Reaumurſchen Queckſilberthermometers vermehre. An des Herrn *de Luc* Theorie über dieſe Sache, finde ich nicht nöthig, mich hier aufzuhalten. Er fängt ſie damit an, daß er dem Druck der Luft alle Kraft abſpricht, das Waſſer ſo zuſammenzuhalten, daß, um es zum ſieden zu bringen, ein größerer Grad von Hitze erfordert wird. So würde ich die Theorie nicht anfangen.

Digitized by Google

Fünftes Hauptstück.

Hydrostatische Thermometer.

§. 194.

Der Umstand, daß die Wärme die Körper ausdehnet, zieht die Folge nach sich, daß die Körper durch die Wärme von leichterer Art werden; so daß z. E. ein Cubic-Zoll bey größerer Wärme weniger wieget als bey geringerer. Wäre nun der Unterschied merklicher, als er bey den meisten Körpern ist, so würde man längst schon darauf verfallen seyn, die Grade der Wärme nach der veränderten Schwere zu schätzen. Indessen hindert der geringe Unterschied nicht, auf denselben Rücksicht zu nehmen. Es wird nur erfordert, daß man ihn mit mehrerer Genauigkeit bestimme. Nun sind die Mittel, die specifische Schwere der Körper zu erforschen schon so bekannt, daß ich es bey der Anzeige derjenigen, die zur gegenwärtigen Absicht am dienlichsten sind, kann bewenden lassen. Ich werde sie auch nur in so fern anführen, als es nöthig ist, auf die dabey zu gebrauchenden Vorsichtigkeiten Acht zu haben. Zu diesem Ende werde ich bey flüßigen Materien anfangen. Um die Veränderungen ihrer Schwere zu bestimmen, kann man sich eine gläserne Kugel oder ein ander Glas mit einem engen Halse wählen, und dieselbe mit der zu untersuchenden flüßigen Materien anfüllen und abwägen. Der Hals muß enge seyn, damit man desto genauer sehen könne, wie hoch die flüßige Materie darinn steht, und damit der Fehler, so man in Bestimmung dieser Höhe begehen kann, einen geringen Unterschied in dem Gewichte hervorbringe. Will man immer einerley Raum erhalten, so muß an dem Halse ein Zeichen gemacht werden, damit das Glas immer bis an das Zeichen gefüllt werden könne.

§. 195.

Das Glas ist zu solchen Bestimmungen aus mehrern Gründen das schicklichste. Denn wegen seiner Durchsichtigkeit läßt sichs ohne Mühe sehen, ob die flüßige Materie genau bis an das am Halse gemachte Zeichen steht. Ferner wird es von ätzenden flüßigen Materien, zumal wenn es hartes Glas ist, am wenigsten angegriffen. Und endlich dehnt es sich durch die Wärme sehr wenig aus. Die Ausdehnung, die es vom frierenden zum siedenden Wasser leydet, beträgt nach Herberts Versuchen (Dissert. de Igne p. 15.) nur $\frac{1}{1551}$ Theil der Länge, welches dem körperlichen Raume nach einen $\frac{1}{1844}$ten Theil austrägt. Man kann also beurtheilen, ob oder in welchen Fällen es nöthig ist, darüber Rechnung zu führen.

Digitized by Google

§. 196.

Den 19ten Jul. 1765. füllte ich ein solches Glas mit siedendem Wasser in dem siedenden Wasser selbst. Es versteht sich, daß ich es vorerst über den Dampf des Wassers halten mußte, damit es die Hitze nach und nach annehmen konnte, weil es sonst leicht würde zersprungen seyn. Auch versteht es sich, daß ich es nicht mit der Hand in das siedende Wasser tauchte, sondern ein Zänglein dazu gebrauchte, oder auch einen Drat darum windete. Da es nun voll siedend Wasser war, zog ich es mit aufgerichtetem Halse heraus, trocknete es außen herum mit einem feuchten Schwamm ab, und stellte es ohne allen Verzug auf eine Waage, damit es so wenig als möglich ausdünstete, bis ich es gewogen hatte. Zu diesem Ende hatte ich schon voraus auf die Waage so viel Gewicht gelegt, daß nur noch einige Grane und deren Decimaltheile aufzulegen waren. Das Wasser wog 169,4 Gran. Ich ließ es hierauf erkälten, bis es die Wärme der äußern Luft erlangt hatte. Das Wasser fiel in dem Halse des Glases, theils weil es sich zusammenzog, theils weil etwas weniges ausdünstete. Hierauf füllte ich das Glas mit anderm Wasser, welches ebenfalls die Wärme der äußern Luft hatte, ganz voll, und fand nun, daß es 174,8 Gran wog. Das Reaumürsche Thermometer stand beym 19ten Grad. Dieses ist demnach der Grad der Wärme des erkälteten Wassers. Da nun die Ausdehnung in umgekehrter Verhältniß des Gewichtes bey gleichem Raume ist, so ist sie, wie 169,4 zu 174,8, folglich, wie 31 zu 32. Die Ausdehnung des Glases betrug hiebey kaum $\frac{1}{100}$ Theil, und ist daher viel zu geringe, als daß sie in Betrachtung kommen sollte.

§. 197.

Ich habe übrigens diesen Versuch nur angeführt, um das Verfahren zu beschreiben. Man sieht ohne Mühe, daß wenn man ein eigentlich dazu gewidmetes Glas hat, man ohne alle Mühe dasselbe zu verschiedenen Jahrzeiten mit beliebigen flüßigen Materien anfüllen und sie abwägen kann, um aus dem Gewichte ihre Ausdehnung zu bestimmen. Denn wenn die Materien an sich schon die Wärme der äußern Luft haben, so gebraucht es dazu keiner andern Vorbereitung. Es versteht sich auch, daß man ein Thermometer dabey haben muß, um nebst den Verhältnissen der Ausdehnung auch kenntliche Grade der Wärme angeben zu können. Und da gewisse Materien, wie z. E. Weingeist, Brantewein ꝛc. nicht immer von gleicher Güte sind, so ist ebenfalls klar, daß man auf diese Unterschiede Rücksicht nehmen müsse.

§. 198.

Ich kann nicht sagen, ob Eisenschmied sich dieser Art zu verfahren bedienet habe, um die besondere Schwere vieler flüßigen Materien zu Winters- und Som-

Digitized by Google

Sommerszeit zu bestimmen. Er gieng in seinem Buche, de ponderibus et mensuris, das Gewicht eines Cubic-Zolles an, ohne zu beschreiben, wie er es bestimmt hat. Das Gewicht begnügt sich in ganzen Grauen zu bestimmen. Bis so weit mag es demnach richtig angegeben seyn. Hingegen bleibet die Grade der Wärme unbestimmt. Eisenschmied spricht nur von Sommer und Winter. Man kann aber, weil Eisenschmied überhaupt viele Genauigkeit hatte, zum Grunde vermuthen, daß er die Versuche bey gleicher Sommerwärme und gleicher Winterkälte angestellt hat. Wie groß nun diese letztere mag gewesen seyn, das läßt sich aus seiner Tafel noch ziemlich genau bestimmen. Unter den Materien, die er zu Sommerszeit gewogen hatte, war auch Olivenöl, und süßes Mandelöl. Diese beyden Oele waren zur Zeit als er des Winters das Abwägen vornahm gefroren. Hingegen war Brunnenwasser und Flußwasser nicht gefroren.

§. 199.

Ich hatte nun den 9ten Hornung 1769. Baumöl vor das Fenster gestellt, wo es fror. Das Thermometer in demselben stund 3 Reaumur'sche Grade über dem Frierpunct. Ich brachte es hierauf in die Stube. Das dareingesetzte Thermometer stieg einige Grade, ohne daß das Oel anfieng sichtbar zu schmelzen. Des Abends war vor dem Fenster die Kälte 1 Grad über 0. Ich stellte das Baumöl hin, und es wollte nicht gefrieren. Dieses ist, was ich unter meinen Beobachtungen aufgezeichnet finde. Es folgt daraus, daß zur Zeit, da Eisenschmied seine Versuche im Winter anstellte, die Kälte kaum etwas über dem Frierpunct gewesen ist.

§. 200.

Was nun ferner den Grad der Sommerwärme betrift, so giebt Eisenschmieds Tafel ebenfalls Umstände an, woraus sie kann ziemlichermaaßen bestimmt werden. Er gebraucht Markgewicht, von 16 Unzen, jede Unze zu 8 Quintgen und 1 Quintgen zu 72 Grau gerechnet, so daß 9216 Grau 1 Pfund ausmachen. In solchen Grauen wog ein Pariser Cubic-Zoll Quecksilber des Sommers 4170, des Winters 4190. Hiebey dient nun das *de l'Isle* Thermometer. Die Kälte des Winters können wir auf den 148sten *de l'Isle*schen Grad setzen. Dieses giebt für den Raum des Queckſilbers im *de l'Isle*schen Thermometer 10000 — 148 = 9852 Grade. Nun ist

4170 : 4190 = 9852 : 9899.

Und 10000 — 9899 = 101, folglich traf die Sommerwärme auf den 101 *de l'Isle*schen oder 91sten Fahrenheitischen Grad. Dieses zeigt die größte Sommerhitze in einem gegen Mittag liegenden Zimmer an.

Digitized by Google

§. 201.

Ich habe mich hiebey aufgehalten, weil Eiſenſchmieds Tafel hier eine Stelle verdienet, und weil es ſich immer der Mühe lohnet zu wiſſen, daß die bey ſeinen Verſuchen geweſene Winterkälte und Sommerwärme um 47 *de l'Isleſche* oder 57 Fahrenheitſche oder 25 Reaumurſche Queckſilbergrade von einander verſchieden geweſen. Die Tafel ſelbſt iſt folgende, jedoch ſo abgeändert, daß die Gewichte in Granen ausgedrückt ſind, und noch eine Columne beygefügt iſt, welche zeigt, in welcher Verhältniß jede der Materien ausgedehnt worden.

Ein Pariſer Cubic-Zoll von	Gewicht im Sommer.	Gewicht im Winter.	Verhältniß
Queckſilber	4170	4190	1,0048
Vitriolöl	563	575	1,0213
Vitriolgeiſt	393	398	1,0127
Salpetergeiſt	456	476	1,0438
Salzgeiſt	409	415	1,0147
Scheidewaſſer	455	467	1,0246
Schwefelgeiſt	394	399	1,0127
Eßig	375	381	1,0160
deſtillirter Eßig	371	375	1,0108
Champagner-Wein	354	358	1,0101
Burgunder-Wein	336	345	1,0268
Weingeiſt	320	330	1,0312
weißes Bier	361	369	1,0222
braunes Bier	362	367	1,0138
Cidre	360	366	1,0167
Kühemilch	380	385	1,0132
Ziegenmilch	384	388	1,0104
Eſelsmilch	377	381	1,0106
Molcken	374	379	1,0134
Urin	374	379	1,0134
Uringeiſt	405	413	1,0198
Weinſteinöl	531	547	1,0300
Baumöl (war im Winter gefroren.)	341	—	———
ſüßes Mandelöl (gefroren.)	342	—	———
Therbentinöl	327	334	1,0214
Seewaſſer	444	450	1,0135
Flußwaſſer	370	373	1,0081
Brunnenwaſſer	371	374	1,0081
deſtillirt Waſſer	368	371	1,0081

§. 202.

Homberg führt in den Mem. de l'Acad. de Paris 1699. einige ähnliche Versuche an. Nach denselben wog ein gleiches Maaß von

Quecksilber im Sommer 5287	im Winter 5312	1,0047
Weinsteinöl : 660	: : 691	1,0455
Vitriolöl : 718	: : : 723	1,0070

Diese Versuche stimmen mit denen von Eisenschmied wenig überein. Ob Druckfehler die Zahlen unrichtig machen, oder ob Homberg die Maaße nicht genau genommen, das mag dahin gestellt bleiben.

§. 203.

Die Schwere der flüßigen Körper wird ferner gefunden, wenn man durch Versuche bestimmt, wie viel ein schwererer Körper in denselben von seinem Gewichte verliert. Man kann hiezu eine gläserne Kugel gebrauchen, in welche man so viel Quecksilber, Bley, Sand ꝛc. gethan hat, daß sie in den flüßigen Materien untersinke, dabey aber den größten Theil ihres Gewichtes verliere. Man würde sie ohne alle Nothwendigkeit schwerer machen, weil man dadurch nur verursachen würde, daß die Waage einen unmerklichern Ausschlag giebt. An der Kugel wird eine kurze Röhre gelassen, die man, wenn die Kugel schwer genug ist, zuschmelzt. Sie muß an einem feinen metallenen Drat an die Waage gehänget und in die flüßigen Materien herunter gelassen werden, in welchen man sie wägen will. Auch muß man sehen, daß nicht etwa Luftblasen daran hängen bleiben.

§. 204.

Da das Abwägen hiebey etwas beschwerlich fällt, so ist man auch längst schon darauf verfallen, dasselbe entbehrlich zu machen. Man fand, daß Körper, die leichter sind als die flüßigen Materien, sich in denselben nicht ganz einsenken. Die Tiefe des Einsenkens konnte demnach ein Mittel abgeben, die Schwere der Materien zu bestimmen. Man mußte nur darauf bedacht seyn, daß man dadurch sehr geringe Unterschiede und dennoch genau bemerken konnte. Dieses erhielt man dadurch, daß man den hervorstehenden Theil sehr dünne machte. Sie werden von denen, welche sich mit Glasschleifen, Barometer und Thermometer machen ꝛc. beschäftigen, ebenfalls von Glas gemacht und unter dem Namen von Weinproben oder Bierproben verkauft.

Digitized by Google

§. 205.

Ich hatte mir ein solches 1750 angeschaffet. Da ich nun wissen wollte, was es eigentlich für eine Sprache führe, so stellte ich folgende Untersuchung an:

Figur. 4. Die 4te Figur stellt dasselbe in seiner wahren Größe vor. Die untere Kugel C ist nicht ganz bis zur Hälfte mit bleyernen Schroten angefüllt. An der Röhre sind von E bis D 25 Körner von braunrothem Glase angeschmolzen, doch so, daß von 6 zu 6 eines von milchweissem Glase ist, damit man leichter zählen könne. Ehe man das Instrument in Wasser oder eine andere flüßige Materie senkt, wird es aufgerichtet gehalten und gerüttelt, damit die Schrote ganz unten in C zu liegen kommen.

§. 206.

Ich fand nun, daß das Instrument sich in Brunnenwasser, welches 14 Reaumursche Grade Wärme hatte, sich bis an den $4\frac{1}{4}$ Theil in F einsenkte. Hierauf steckte ich oben in den Ring bey A ein Gewichtgen von 10 Gran, um das Instrument schwerer zu machen. Damit senkte es sich in eben dem Wasser um 18 Theile tiefer bis in G. Daraus folgt nun, daß der Raum der Röhre von F bis G so viel als 10 Gran von dem Wasser austrägt. Da nun das Instrument für sich 193 Gran wieget, so konnte ich mittelst der Regeldetri

10 Gran: 18 Theile = 193 Gran: 347,4 Theile

den Schluß machen, daß, wenn das Instrument bis in F in Wasser steht, es in demselben eben so viel Raum einnimmt, als wenn es eine Röhre von 347,4 Theilen Länge wäre. Diesem zufolge konnte ich den ersten Punct E als den 343sten, den Punct F als den $34\frac{1}{2}$sten, den Punct G als den $365\frac{1}{2}$sten, und den Punct D als den 367sten Theil ansehen. Und so berechnet geben diese Theile das Verhältniß des Raumes an, den das Instrument in jeder flüßigen Materie einnimmt.

§. 207.

Um diesen Raum in bekannten Maaßen zu finden, rechnete ich, daß ein rheinländischer Cubic-Fuß Wasser 506800 Gran wiegt. Da nun das Gewicht des Instruments 193 Gran beträgt, so findet sichs, daß 193 Gran Wasser den $\frac{1}{2625}$ Theil eines rheinländischen Cubicfußes ausfüllen, und folglich so groß als 1137 Cubiclinien sind. So viel enthalten die Kugel bis an die Röhre in F, das will sagen, bis an den $347\frac{1}{2}$ Theil. (§. 206.) Hieraus ergiebt sich dann ohne Mühe, daß der Raum der Röhre von E bis D, $7\frac{84}{100}$ Cubiclinien austrägt, und folglich für jeden Theil 2,27 Cubiclinien zu rechnen sind.

§. 208.

Ich setzte nun das Instrument nebst einem Thermometer in Wasser, welches auf dem Ofen stund. Als es 48 Reaumursche Grade von Wärme hatte,

Digitized by Google

fiel das Instrument bis zum 8ten Theile in H, demnach $3\frac{1}{2}$ Theile mehr als es in Wasser von 14 Grad Wärme gefallen war. Da nun (§. 206.)

in P — — — — $347\frac{1}{2}$ Theile
H — — — — 351,

zu rechnen sind, so war für den Unterschied von 48 — 14 = 34 Reaumurschen Graden Wärme die Ausdehnung des Wassers, wie $347\frac{1}{2}$ zu 351 = 1000 : 1010.

§. 209.

Ich führe dieses nur als ein Beyspiel an. Denn zu solchen Versuchen müßte die Röhre E D viel dünner seyn, damit geringere Unterschiede bemerkt werden können. Weil aber sodann die Röhre viel länger seyn müßte, so hat man, um diese größere Länge unnöthig zu machen, sich anderer Mittel bedient. Man verfertigt das Instrument so, daß es in der leichtesten flüßigen Materie, die man zu untersuchen gedenkt, bis in D einsinke. Da es nun in schwerern sich nicht bis an die Röhre einsenken würde, so wird es mit Gewichten beschweret, die entweder unten an C angehängt oder oben aufgelegt werden. Die Stuffenleiter bleibt hiebey wie sie ist. Sie giebt mittelst der vorläufig angestellten Rechnung (§. 206.) den Raum an, den das Instrument in der flüßigen Materie einnimmt. Das Gewicht des Instrumentes, nebst dem so oben aufgelegt worden, macht zusammen das Gewicht der Materie aus, deren Raum das Instrument einnimmt. Und so kann Gewicht und Raum gegeneinander proportionirt werden. Z. E. das Instrument sank im Wasser bis in F zum $347\frac{1}{2}$ Theil, und wieget 193 Gran. Als ich oben 10 Gran auflegte, wog es 193 + 10 = 203 Gran. Und es fiel in eben dem Wasser bis in G zum $365\frac{1}{2}$ Theil, oder 18 Theile tiefer. Nun ist es gleich viel, ob für $347\frac{1}{2}$ Raum 193 Gran Gewicht, oder für $365\frac{1}{2}$ Theile Raum 203 Theile Gewicht gerechnet werden.

§. 210.

Dieses ist für den Fall, wo die Gewichte oben auf gelegt werden; hängt man sie aber unten an, so kommen sie in die flüßige Materien und sind darinn weniger schwer. Das ändert nun die Rechnung. Man thut am besten, wenn man hiezu besondere Gewichte widmet, und jedes, so man anhängt, so betrachtet, als wenn es mit dem Instrument eine Masse machte. Man nimmt sodann die Probe (§. 206.) für jedes dieser Gewichte besonders vor, um zu bestimmen, wie viel Raum für einen jeden Theil der Stuffenleiter E D gerechnet werden muß.

§. 211.

Wenn man sich ein solches Instrument will machen lassen, so fängt man an eine Röhre auszusuchen, welche dünne sey, und durchaus gleichen äußern Dia-

meter habe. Soll nun das Instrument in Materien, deren Schwere nur um $\frac{1}{100}$ Theil verschieden ist, sich von E bis in D senken, so müssen die Kugeln und die Röhre bis in E 100mal mehr Raum einnehmen, als die Röhre von E bis D. Wie groß nun die Kugeln werden sollen, läßt sich sodann nach bekannten geometrischen Sätzen bestimmen. Man thut hiebey gut, wenn man die untere Kugel C nicht größer macht, als daß sie gerade das Queckſilber oder die bleyernen Schroten faſſe, welche hinein kommen müſſen, um dem Inſtrumente das erforderliche Gewicht zu geben. Auch dieſes kann vermittelſt der bekannten beſondern Schwere der Körper leicht gefunden werden. Und die Eiſenſchmiedſche Tafel (§. 201.) iſt hiebey von vorzüglich gutem Gebrauche.

§. 212.

Dieſes Inſtrument als Thermometer betrachtet, hat den Vortheil, daß es nebſt der beſondern Schwere der flüßigen Materien auch ihre Wärme angiebt, und zwar ohne allen Zeitverluſt. Bey andern Thermometern muß man erſt warten, bis ſie den Grad der Wärme angenommen haben, und ſo lange muß man die Materien bey dem Grade der Wärme erhalten, weil ſonſt das Thermometer denſelben nicht erreichet, indem die Materie früher erkältet. Bey den Verſuchen müſſen die ſich leicht anhängende Luftblaſen weggeſchafft werden.

§. 213.

Wenn Metalle und Steine ſich mehr als ſie es thun, durch die Wärme ausdehneten, ſo würde man durch ihr Abwägen in Waſſer beſtimmen können, wie viel ſie ſich mehr oder weniger als das Waſſer bey einerley Graden von Wärme ausdehnen. Und dann dürfte man nur die Ausdehnung des Waſſers beſtimmen, um auch die von den Metallen zu finden. Die Ausdehnung von dieſen iſt aber ſo geringe, daß dieſes Mittel nicht wohl gebraucht werden kann.

Digitized by Google

Sechstes Hauptstück.

Von der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme.

§. 214.

Die erstenwähnte geringe Ausdehnung fester Körper durch die Wärme zieht mehrere Hindernisse nach sich, wenn man sie genau bestimmen will. Man muß sie von großer Länge nehmen, damit die durch die Wärme verursachte Verlängerung merklich genug werde, um sie messen zu können. Gebraucht man hiezu einen Maaßstab, so giebt es Mühe, wenn man vermeyden will, daß derselbe sich nicht selbst auch durch die Wärme ausdehnt, weil man sonst nur den Unterschied der Ausdehnung finden würde. *Dalencé*, welcher diese Schwierigkeit schon vor 1688 eingesehen, schlug daher andere Mittel, und zwar besonders die Pendulschwingungen vor. Diese richten sich allerdings nach der wahren Entfernung des Schwungpunctes vom Aufhängepunct, und können leicht gezählt werden. Man hat aber auch zu besorgen, daß die Dauer der Schwingungen durch das Anreiben, durch den Widerstand und nicht immer gleiche Dichtigkeit der Luft verändert wird, und daß man folglich die schlechthin nur von der Wärme herrührende Veränderung erst nach Abzug dieser andern Hindernisse bestimmen kann. Man hat deswegen lieber die Frage umgekehrt, und die Ausdehnung der Pendulstangen durch die Wärme, mittelst anderer Versuche zu bestimmen gesucht, um sodann eine Anwendung davon auf die daherrührende Ungleichheiten im Gauge der Pendul-Uhren zu machen.

§. 215.

Zu diesen Untersuchungen hat Richers Beobachtung in *Cayenne* Anlaß gegeben. Er fand daselbst 1672, daß sein von Paris mitgebrachtes Pendul täglich um 2′. 28″ zu langsam gieng, und er es um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen mußte, damit es Secunden schlagen konnte. Man besorgte Anfangs, es möchte unterweges etwas daran verrücket worden seyn. Daher wurde es mit aller Sorgfalt wieder nach Paris gebracht, und die Besorgniß fand sich unbegründet. Man suchte also den Grund in der größern Wärme zu *Cayenne*, und etwa auch in der daselbst dünnern Luft. Diese Ursachen konnten wohl etwas thun, und also war zu sehen, ob sie stark genug sind, um den Unterschied ganz hervor zu bringen. Nun hatte Picart gefunden, daß eine eiserne Stange, die in der Kälte des Winters 1 Fuß lang war, sich am Feuer um $\frac{1}{4}$ Linie, demnach um $\frac{1}{1440}$ Theil verlängere. *LaHire* fand, daß eine eiserne Stange, die in der Winterkälte 6 Fuß lang war, im Sommer an der Sonne um $\frac{3}{4}$ Linien, demnach um $\frac{1}{1920}$ Theil länger geworden. Nun-

Digitized by Google

ton schloß hieraus richtig, daß man das Pendul keinen so großen Unterschieden der Wärme aussetze, und daher Richers Beobachtung aus andern Gründen müsse erklärt werden. Hier kam die Umwälzung und abgeplattete Figur der Erde in Betrachtung. Man blieb aber in Frankreich noch lange ungläubig, weil man das dadurch sehr erschütterte Carteſiſche Lehrgebäude noch aufrecht zu halten hoffete.

§. 216.

Etwa 60 und mehr Jahre nach Richers Erfahrung, und also sehr spät, entstund endlich in Frankreich eine neue Epoche. Newton fand Anhänger. Man nahm neue Prüfungen von der Ausdehnung der Pendul- und Meßstangen durch die Wärme vor, und suchte dabey die äußerste Schärfe. Man brachte Micrometer an, um die geringe Ausdehnung besser zu bestimmen, und die Bewegung, welche bey der Ausdehnung vorkommt, wurde durch Räderwerke größer und sichtbarer gemacht. Die Untersuchung wurde noch wichtiger, seitdem man in England darauf verfallen, Pendulstangen aus verschiedenen Metallstücken so zusammen zu setzen, daß das sich mehr ausdehnende Metall dienen sollte, die durch das sich weniger ausdehnende verursachte Verlängerung des Penduls aufzuheben, und so zu sagen, = 0 zu machen.

§. 217.

Es wird genug seyn, wenn ich den Erfolg dieser Untersuchungen in eine Tafel bringe, damit sich alles leicht übersehen lasse. Ich setze demnach, die Länge der Stangen sey = 1, wenn sie die Kälte des Frierpuncts haben. Sodann seyn dieselben entweder in siedendem Wasser, oder wo sie sonst irgend den Grad der Hitze derselben erhalten können. Die Verlängerung, so dadurch verursacht wird, stellt in Decimaltheilen folgende Tafel vor.

	Muſchenbroek.	Herbert.	D. Juan.	Bouguer.	Condamine, Berthoud.
Eiſen	0,00073	0,00107	0,00092	0,00055	0,00106
Stahl	0,00077	———	0,00127	———	———
Kupfer	0,00080	0,00156	0,00167	———	0,00174
Meßing	0,00101	0,00172	0,00204	———	———
Silber	———	0,00189	———	0,00073	———
Zinn	0,00141	0,00212	———	———	———
Bley	0,00142	0,00262	———	0,00109	———
Gold	———	———	———	0,00094	———
Glas	———	0,00086	0,00060	0,00016	———

§. 218.

§. 218.

Man sieht aus dieser Tafel, daß Herbert durchaus größere Ausdehnungen angiebt als Muschenbroeck. Dieses giebt Anlaß zu schließen, es müsse bey den Instrumenten ein Umstand gewesen seyn, der diesen Unterschied verursachte. Bouguer giebt weniger an als Muschenbroek, hingegen geben D. JUAN, CONDAMINE und Berthoud mehr an. Es sind unter diesen Versuchen einige, wo die Zahlen durch Rechnungen gefunden werden mußten, und wobey man vom Kleinern aufs Größere den Schluß machte. Man maaß die Ausdehnung nur für 10 Reaumursche Grade, und vergrößerte sie durch Rechnung, bis man glaubte, man habe die Ausdehnung vom Frierpunct zum Siedepunct getroffen. Man legte ebenfalls Thermometer und Stangen an die Sonne, bis das Thermometer 10 Grade gestiegen, gerade als wenn dann die Stangen auch 10 Grade Wärme erlangt hätten, da doch Größe, Figur, Materie und Farbe hiebey alles ändert.

§. 219.

In Franzens Staategeographus finde ich einen Versuch, den Lowiz den 27sten April 1753 zu Nürnberg mit einer 20 Fuß langen eisernen Stange vorgenommen. Er legte sie des Morgens frühe, nebst einem Thermometer an die Sonne, und zeichnete die Verlängerungen, die sie bis um 11 Uhr durch die Sonnenwärme erhielt, nebst den Graden des Thermometers sehr oft auf. Das Thermometer soll nach einem alten Fahrenheitschen (§. 111.) zu Berlin verfertigt worden seyn. Damit wäre an demselben die Blutwärme + 90, die Kälte des mit Salmiac gemischten Eises — 90 gewesen. Es stund des Morgens bey + 11 Gr. Um 11 Uhr bey + 114. und Abends vor 5 Uhr bey + 46 Grad. Der Grad an der Mittagssonne trift auf den 36sten oder 37sten Grad des Reaumurschen Weingeistthermometers. Vermuthlich muß die Erwärmung des Brettgens, woran das Thermometer befestigt war, zu dieser starken Wärme des Thermometers beygetragen haben. Indessen ist ganz gewiß die eiserne Stange wärmer geworden, und zwar wenigstens so viel, daß Wachs darauf hätte schmelzen können. Wir können also die Wärme des Eisens um 11 Uhr, wenigstens auf den 142sten Fahrenheitschen Queckſilbergrad setzen. Und da dessen Wärme des Morgens nur 52 Grade betragen, so ist die Stange um 90 Fahrenheitsche Grade erwärmt worden. Nun fand Lowiz, daß sie sich um $\frac{1}{2500}$ verlängert hatte. Daraus folgt nun, daß sie sich vom frierenden zum siedenden Wasser höchstens um $\frac{1}{1250}$ oder 0,00080 Theil ausgedehnt haben würde. Diese Bestimmung kömmt der Muschenbroekschen (§. 217.) am nächsten.

Digitized by Google

§. 220.

Was das Holz betrift, ſo hat Celſius dabey eine Ausnahme gefunden. Er hatte hölzerne Stangen in einem Zimmer, welches 14 Reaumurſche Grade warm war. Als er ſie in die Kälte von — 14 Graden legte, fand er ſie um $\frac{1}{500}$, nicht kürzer, ſondern länger. Man weis man, daß das Waſſer ſich beym Frieren ausdehnt. Man weis ferner, daß das Holz, zumal in der Kälte, Feuchtigkeit in ſich zieht. Daraus wird ſich demnach der widerſinnigſcheinende Erfolg müſſen erklären laſſen. Das Holz wurde in der Kälte eigentlich nicht ausgedehnt, ſondern aufgeſchwollen. Daß es ſo wenig austrug, möchte wohl daher kommen, daß Kälte und Feuchtigkeit einander entgegen wirken.

§. 221.

Dieſes war hier anzumerken, weil man auch in andern Fällen die hygrometriſchen Wirkungen von den thermometriſchen zu unterſcheiden hat. Kraft und andere haben Hölzer, Pflanzen, Wurzeln, Leder, Därme, Beine ꝛc. als Beyſpiele angeführt, um zu zeigen, daß die Wärme nicht alle Körper ausdehne. Wenn dieſes nur ſagen will, daß man den Satz von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme, nicht ohne Rückſicht auf andere Wirkungen der Wärme gebrauchen müſſe, ſo iſt es vollkommen richtig. Die angeführten Beyſpiele betreffen ſolche Körper, aus denen die Wärme die Feuchtigkeit heraustreibt. Damit hört die von der Feuchtigkeit herrührende Aufſchwellung auf, und ſo kann es allerdings ſeyn, daß die Körper im Austrocknen ſich weit mehr zuſammenziehen, als ſie durch die Wärme ausgedehnt werden.

Siebentes Hauptstück.

Thermometer von festen Körpern.

§. 222.

Flüßige Materien nehmen die Figur aller Gefäße an, in welche sie gegossen werden, und daher war es leicht auch die geringste Ausdehnung, die sie von der Wärme erhalten sichtbar zu machen, indem man sie in Kugeln mit engen Röhren einschloß. Man hatte hiebey noch den Vortheil, daß man die nach allen drey Dimensonen des Raumes, das will sagen nach der Länge, Breite und Dicke fortgehende Ausdehnung in eine nach der Länge fortgehende verwandeln, und dadurch die Ausdehnung dreyfach merklicher machen konnte, auch wenn man sich anstatt einer Kugel mit einer engen Röhre, nur eines Cylinders bedienen wollte.

§. 223.

Diese Vortheile fallen bey festen Körpern weg. Da sie sich nun sehr wenig ausdehnen, so vermehrte dieses die Schwierigkeit aus denselben Thermometer zu machen. Indessen war an solchen Thermometern, zumal an solchen, die von Eisen gemacht werden könnten, nicht wenig gelegen, weil ihr Gebrauch sich bis zur Hitze des glühenden Eisens erstrecken würde. Man hatte nun, wenigstens um die Ausdehnung durch die Wärme zu beweisen, metallene Ringe und Kugeln gemacht, welche in der Kälte genau in die Ringe passeten. Als man die Kugeln erhitzte, fand es sich, daß sie nicht mehr darinn paßten, sondern zu groß waren, und folglich über die Hälfte, außer dem Ringe, blieben. Hieraus ließ sich einigermaaßen bestimmen, wie viel sie ausgedehnt worden. Da aber das Ausmessen einige Zeit fordert, so erkältet inzwischen die Kugel und der davon berührte Ring erwärmt sich; und aus beyden Gründen findet man die Ausdehnung geringer als sie Anfangs war.

§. 224.

Die Wärme bringt bey einigen Körpern, wie z. E. bey hölzernen Latten, Stangen, Brettern ꝛc. die Wirkung hervor, daß dieselben sich krümmen und biegen, und dieses erfolgt nothwendig, so bald sie sich auf der einen Seite mehr ausdehnen als auf der andern. Da aber beym Holze, Leder, Horn ꝛc. diese Krümmung mehr hygrometrisch als thermometrisch ist, so kann sie hier nicht gebraucht werden, und um so weniger, daß sie mit der Zeit fast ganz unveränderlich wird, dafern man das Holz nicht einer starken Hitze aussetzet, oder es aufs neue anfeuchtet.

Digitized by Google

§. 225.

Man ist aber, wie man mir berichtet hat, in England auf den Gedanken gefallen, daß die erst erwähnte ungleiche Ausdehnung und daher rührende Krümmung auch bey Metallen könne erhalten werden, wenn man Bleche hätte, die auf der einen Seite Kupfer, auf der andern von Eisen wären. Dieses könnte, ohne eine Löthung vorzunehmen, mittelst der Streckewalzen erhalten werden. Diese aus zwey Metallen bestehende Bleche müssen sehr dünne seyn. Man macht sie schmal, aber mehrer Zolle lang. Alsdann ist der Erfolg, daß sie durch die Wärme an der Seite einwärts gebogen werden, wo das Eisen, oder überhaupt, das sich weniger ausdehnende Metall ist. Die Beugung soll sehr beträchtlich seyn, so daß dergleichen Bleche als Thermometer können gebraucht werden. Der Einfall ist ganz artig. Es scheinen aber solche Thermometer nicht von sonderlichem Gebrauch zu seyn.

§. 226.

Muschenbroek verfiel darauf, die Ausdehnung fester Körper, mittelst angebrachter Räderwerke sichtbarer zu machen. Die Stange, deren Ausdehnung gemessen werden soll, spannet er am einen Ende fest ein. Dadurch erhält er, daß das andere Ende durch die Ausdehnung sich in die Länge bewegt, und vermittelst eines daran befestigten Stängleins, den Zahn eines Trillinges oder auch nur das Ende einer Kurbel fortdrückt. An der Achse der Kurbel ist ein gröfseres Rad mit vielen Zähnen, welches in einen andern Trilling eingreift, an dessen Achse ebenfalls ein gröfseres Rad mit vielen Zähnen ist, welche in einen dritten Trilling eingreifen ꝛc. An der Achse des letzten Trillings ist ein Zeiger, welcher sich, so wenig auch die Stange ausgedehnt wird, sehr stark und sichtbar herumdrehet, und auf einem Zifferblatt Theile anzeigt, welche der Ausdehnung proportional sind, so daß aus jenen diese berechnet werden kann. Damit die Bewegung des Zeigers vom ersten Augenblick an, da die Stange erwärmt wird, erfolge, muß der Zeiger so weit zurück gedrehet werden, bis an allen Trillingen und Rädern die Zähne, welche einander bewegen sollen, einander berühren. Ueberdieß muß die Stange so gelegt und das ganze Instrument so eingerichtet seyn, daß die Stange allein erwärmt werde, damit nicht das Gestelle sich auch ausdehne, weil man sonst nur den Unterschied der Ausdehnung finden würde. Muschenbroek machte hiebey eine Vorrichtung, daß er fünf Lampenflammen unter der Stange anzünden konnte. Aber statt des Oeles brannte er Weingeist. Die Flamme wird zwar etwas ungleicher und fackelnder als die vom Oel, sie setzt aber wenig oder keinen Ruß an. Muschenbroek änderte die Einrichtung auch so, daß er die Stange in siedendem Wasser halten, und dennoch ihre Ausdehnung, mittelst des sich umdrehenden Zeigers beobachten konnte. Dadurch wurde er in Stand gesetzt zu bestimmen, wie viel Stangen von verschiedenen Metallen sich ausdehnen, wenn sie vom

Digitized by Google

Frierpunct bis zum Siedepunct erwärmt werden, und diese Ausdehnung ließ sich sodann mit der Ausdehnung von größern Graden der Wärme vergleichen. Diese größere Grade waren auch eigentlich die Absicht des Instrumentes, und eben daher wurde es von Muschenbroek, nicht Thermomometer, sondern Pyrometer genennt.

§. 227.

Mit diesem Pyrometer hat Muschenbroek sehr viele Versuche angestellt, die er in seinen Anmerkungen über die Versuche der Florentinischen Akademie beschreibt. Dahin gehören die bereits vorhin (§. 217.) angeführten von der Ausdehnung verschiedener Metalle, wenn sie vom Frierpunct bis zum Siedepunct erwärmt werden. Diesen werde ich hier noch folgende beyfügen, die Muschenbroek eben daselbst erzählet. Er giebt die Ausdehnung in Graden seines Pyrometers an. Diese Grade ändern demnach ihre Bedeutung, wenn die Stange von anderm Metall ist. Da ich die Grade so, wie Muschenbroek sie angiebt, beybehalten werde, so macht dieses in folgender Tafel mehrere Columnen nothwendig, die nicht mit einander verwechselt werden müssen. In jeder kömmt der Grad der Ausdehnung vor, welchen das Metall vom Frierpunct zum Siedepunct erhalten hat. Die Zahl gilt demnach so viel als 180 Fahrenheitsche Grade, oder 370 Grade des Lufthermometers, wenn erstere vom 32sten, letztere vom 1000ten Grade angezählt werden. Wenn nun auch die Grade der Ausdehnung der Metalle, des Queckſilbers und der Luft mit den Graden der Wärme nicht ganz oder nicht durchaus zu gleichen Schritten gehen sollten, so hindert dieses nicht, statt der an sich willkührlichen Muschenbroekschen Grade andere zuſetzen, die derselben proportional bleiben, ungeachtet sie von einem andern Anfange an gezählt werden. Ich habe deswegen noch zwo Columnen beygefügt, welche die Grade der Ausdehnung oder der Wärme in Graden des Fahrenheitschen und des Lufthermometers angeben.

Grade des Pyrometers für Eisen.	Stahl.	Zinn.	Kupfer.		Fahrenheit.	Lufthermometer
0	0	0	0	frierend Wasser :	32	1000
53	56	102	59	siedend Wasser : :	212	1370
109	—	219	—	schmelzend Zinn :	402	1765
169	—	—	—	schmelzend Goldmarcasit	606	2180
217	—	—	—	schmelzend Bley :	769	2515
201	—	—	—	siedend Oel v. Rübsamen	715	2402
276	—	—	—	Eisen so noch nicht glühet	969	2926
300	—	—	—	Bismuth schmelzt :	1051	3106
—	364	—	—	Stahl fängt an zu glühen	1095	3185
—	—	—	392	glühend Kupfer. :	1512	4000

Digitized by Google

§. 228.

Muſchenbroek hat in Beſtimmung ſolcher gröſsern Grade der Hitze an Newton einen Vorgänger. Newtons Beobachtungen, ſo weit er ſie mit ſeinem Leinölthermometer angeſtellt hat, habe ich bereits oben (§. 105.) in einer Tafel vorgeſtellt, welcher die Grade des Luftthermometers beygefügt ſind. Unter demſelben findet ſich der von ſchmelzenden Zinn, welcher mit dem hier nach Muſchenbroek angegebenen kann verglichen werden. Bey Newtons ſchmelzendem Zinn iſt der 1785ſte, beym ſtockenden der 1763ſte Grad angegeben. Bey Muſchenbroek iſt es der 1765ſte Grad: und dieſer ſagt, das Zinn ſey nicht heiſser geweſen als daſs es gerade nur flieſsen konnte. Dieſe Grade treffen alſo ſehr nahe zuſammen. Sie könnten übrigens, ſowohl wegen der Verſchiedenheit des Zinnes als auch wegen der Schwierigkeit dieſer Verſuche mehr von einander abgehen. Der Grad der Hitze, wobey ein Metall anfängt zu ſchmelzen, iſt nicht leicht zu erkennen, zumal bey gröſsern Maſſen, weil dieſe nicht mit einemmale ſchmelzen. Bey den Halbmetallen iſt es noch ſchwerer, weil dieſe ſehr ſtark erhitzt ſeyn müſſen, wenn ſie recht flieſsen ſollen, und immer noch unter einer zerbröckelten Geſtalt erſcheinen. Ich merke dieſes hier an, weil Muſchenbroek den Grad des ſchmelzenden Bleyes und noch mehr des ſchmelzenden Bismuths ſehr groſs anſetzt, wenn man ihn gegen den von ſchmelzendem Zinne hält. Bismuth ſchmelzt wenigſtens ſo leicht als Bley, und ſtocket viel langſamer. Fahrenheit und Boerhave ſetzen ſiedend leinöl auf den 600ten Fahrenheitſchen Grad, ſo wie ſiedendes Queckſilber. Muſchenbroek giebt den 715ten Grad an, wenn er von ſiedendem oder aufbrauſendem (feruens) Rübſaamenöl ſpricht, dadurch aber verſteht ſich, daſs es bis zum Entzünden ſiedend ſey.

§. 229.

Unter den erſt angeführten Muſchenbroekſchen Graden iſt noch der letzte, den wir einigermaaſsen mit demjenigen vergleichen können, den Robin für weiſsglühendes Eiſen gefunden, und welcher 4210 Grad des Luftthermometers beträgt. (§. 92.) Muſchenbroeks glühendes Kupfer fällt nach vorſtehender Tafel auf den 4000ten Grad des Luftthermometers. Das Kupfer wird auch in der That nicht viel leichter glühend als Eiſen, ungeachtet zu Schmelzen des Eiſens viel mehr Hitze erfordert wird als zum Schmelzen des Kupfers. Da nun Robins Grad eigentlich, mittelſt der Ausdehnung der Luft, Muſchenbroeks aber mittelſt der Ausdehnung des Kupfers gefunden worden, ſo läſst ſich hieraus ſo ziemlich ſchlieſsen, daſs die Ausdehnung der Luft mit der Ausdehnung des Kupfers bis zum Grade des glühenden Kupfers zu gleichen Schritten gehe.

Digitized by Google

§. 230.

Muſchenbröks Pyrometer iſt von mehrern Liebhabern der Naturkunde nachgemacht, theils auch verändert worden. Es ſind mir aber keine mit ſolchen nachgemachten oder veränderten Pyrometern angeſtellte Verſuche bekannt, ausgenommen, die von Herbert, die bereits in der Tafel (§. 217.) vorkommen. Ich habe aber auch ſchon (§. 218. 219.) angemerkt, daß mir Muſchenbroeks Angaben richtiger zu ſeyn ſcheinen. Muſchenbroek ſelbſt zeigt noch durch mehrere Vergleichungen, daß ſein Pyrometer keinen weſentlichen Fehler könne gehabt haben, ſo daß wenn er auch einige Grade zu groß anſetzt, (§. 228.) die Schuld nicht auf das Pyrometer falle.

Achtes Hauptſtück.

Ausdehnung der Dünſte durch die Wärme.

§. 231.

Die Dünſte ſind überhaupt alle ſogenannte flüchtige Theile, die ſich von den Körpern losmachen und in der Luft ſchweben, insbeſondere aber ſind es blichte und fürnemlich wäſſerichte Theile, die aber oft auch mit irdſchen und ſalzichten Theilen vermengt ſind. In der Luft kommen ſie unter zweyerley Geſtalten vor, die übrigens nur ſtuffenweiſe verſchieden ſind, ſo fern nemlich trockene Luft ſich von feuchter Luft unterſcheidet. Die Luft iſt nicht deswegen trocken, weil ſie wenig oder keine Waſſertheilchen enthält, ſondern weil dieſe ſich nicht an die Körper anlegen. Indeſſen müſſen doch die Körper ausgenommen werden, welche viel Salz enthalten, weil das Salz die Waſſertheilchen annimmt, und ſo zu ſagen, an ſich zieht, wenn dieſe andere Körper zu fliehen ſcheinen. Beſonders bedient man ſich des Weinſteinſalzes, wenn man beweiſen will, daß auch die trockenſte Luft mit Waſſertheilchen beladen iſt. Hingegen nennt man die Luft feucht, wenn die Waſſertheilchen ſich zuſammenfügen und in Geſtalt von kleinen Tropfen an die Körper anlegen. Der Unterſchied liegt darinn, daß bald die Schnellkraft, bald auch die Cohäſionskraft überwiegend wird. Und da dieſes nicht von ſich ſelbſt geſchiehr, ſo müſſen allerdings noch andere wirkende Urſachen hinzukommen. Unter dieſen iſt die Wärme, und nebſt der Wärme kann auch die Luft ſelbſt durch ihre anderweitige Veränderungen ſehr viel mit beytragen.

Digitized by Google

§. 232.

Da ich in dem Versuche einer Hygrometrie diese Sache umständlich betrachtet habe, so wird es genug seyn, wenn ich daraus nur folgendes anführe: Die trockne Luft trücknet feuchte Körper desto eher, je mehr sie selbst trocken ist. Das will nun eigentlich sagen, daß die trockne Luft die Feuchtigkeit von den Körpern wegnimmt und an sich zieht. Aus diesem Grunde muß man es herleiten, wenn man erklären will, was die Erfahrung und eigentlich deswegen angestellte Versuche gelehrt haben, daß nemlich die Menge des ausdünstenden Wassers sich nicht nach der Tiefe, sondern schlechthin nur nach der Oberfläche proportionirt, welche von der Luft berührt wird. Die Luft fährt immer fort, Wassertheilchen an sich zu reißen, bis sie damit, so zu sagen, gesättiget ist. Alsdann mag eine geringe Verminderung ihrer Dichtigkeit und Schnellkraft schon Ursache genug seyn, daß die Luft nicht mehr alle Wassertheilchen in sich halten kann, sondern einen Theil fahren läßt, welcher sodann in Gestalt von Nebel, Thau, Reif, Schnee, Regen, Hagel ꝛc. herunter fällt.

§. 233.

Diese die Feuchtigkeit anziehende Kraft der Luft äußert sich auch bey gefrorenem Wasser. Man hat Stücke Eis auf eine Waage gelegt, und in sehr kalter Luft gefunden, daß es täglich von seinem Gewichte verloren hat. Es gehtaber alles bey mehrerer Wärme schneller von statten. Daß die Wärme austrücknet, ist zu viel bekannt, als daß ich erst sagen sollte, warum man das, was man schnell austrücknen will, an die Sonne legt, oder beym Ofen oder über dem Feuer hält. Die Frage war eigentlich vielmehr durch Versuche zu bestimmen, wie sich das Austrücknen oder Ausdünsten nach den Graden der Wärme richtet. In dieser Absicht habe ich gefunden, daß nach dem Reaumurschen Weingeistthermometer bey einer

Wärme von	die tägliche Ausdünstung
61 Gr.	67 Linien.
60 —	65 —
49 —	39 ½ —
35 —	17,2 —
23 —	8,7 — Pariser Maaß beträgt.

Und hieraus fand sich für

Gr.	Linien Ausdünstung mehr als Eis.
0	0
10	2
20	6
30	13
40	24
50	41
60	65

§. 234.

§. 234.

Diese Versuche, welche in bemeldter Hygrometrie umständlich beschrieben sind, habe ich mit Gläsern auf dem warmen Ofen angestellt. In dem Wasser stund ein Thermometer, wodurch der Grad der Wärme desselben bestimmt wurde. Da nun die Dunsttheilchen sich im ganzen Zimmer verbreiten konnten, so ist dieses der Grund, warum die Ausdünstung so beträchtlich stark war. In freyer Luft ist sie bey gleicher Wärme viel geringer. Denn wenn ich im Sommer beym 20sten Grad der Wärme, die Ausdünstung aus einem mit Wasser gefüllten Glase beobachtete, das am Schatten neben dem Thermometer stung, so fand ich, daß die Oberfläche sich in 24 Stunden nur um 1 oder höchstens $1\frac{1}{2}$ Linie, und im Winter bey 10 Grad Wärme nur $\frac{1}{2}$, höchstens $\frac{1}{4}$ Linie senkte.

§. 235.

Bey größern Graden von Wärme als der 50ste Reaumursche ist, fängt die Ausdünstung an gewaltsamer zu werden. Die Luft zieht sich aus den Zwischenräumchen des Wassers heraus und steigt in Form von kleinen Blasen in die Höhe. Diese Luftbläschen werden im Aufwärtssteigen sichtbar größer, theils weil sie weniger gedrücket werden, theils weil sie sich mit den Luftheilchen, so sie unterwegs antreffen, vereinigen. Endlich reißen sie sich von der Oberfläche los, und nehmen ein Häutchen von Wasser mit sich in die Luft. Außer diesen giebt es noch Wassertröpfchen, welche von der Oberfläche aufwärts springen, wegen ihrer Schwere aber bald wiederum niederfallen.

§. 236.

So scheint die Sache fortzugehen, daß bey noch größern Graden der Wärme das Wasser immer schneller und zuletzt augenblicklich in Dünste verwandelt wird. Man sieht daher mit einigem Befremden, daß wenn Wasser auf geschmolzenes Silber oder glühend Eisen gegossen wird, nur Anfangs ein schneller Dampf entsteht, alles Wasser aber, was mit diesem Dampfe nicht weggeht, auf dem geschmolzenen Silber oder glühenden Eisen liegen bleibt oder vielmehr auf demselben herum flattert, und nur sehr langsam auströcknet und glänzend helle scheint.

§. 237.

Leidenfrost in seinem Werkchen *de aquae communis nonnullis qualitatibus* erzählt einige Versuche, die er mit solchen glühenden Wassertropfen angestellt hat, und glaubt, daß sie statt eines Pyrometers dienen können, wenn man beobachtet, in wie viel Zeit sie auströcknen. Man kann dazu einen sehr glatten und von allem Fette gereinigten eisernen Löffel gebrauchen. Leidenfrost fand, daß wenn der Löffel nur die Hitze des siedenden Wassers hatte, ein kleiner Wasser-

tropfen in einer Secunde Zeit ganz wegdünstete. Auf geschmolzenem Bley wurden 6 bis 7 Secunden Zeit erfordert. Auf siedendem Bley wurden 14 Secunden, und auf glühendem Eisen 30, und wenn es höchst glühend war, 35 Secunden Zeit erfordert. Leidenfrost bediente sich eines gläsernen Röhrchens, um Wassertropfen zu erhalten, die, so viel möglich, gleiche Größe hatten. Darauf kömmt es fürnemlich an, wenn man die Zeiten mit einander vergleichen will. Denn größere Tropfen gebrauchen allerdings mehr Zeit zum Austrocknen.

§. 238.

Ziegler in seiner Abhandlung *de Digestore Papini* hat ähnliche Versuche. Da er aber nicht nur die Zeit, sondern mit seinem Fahrenheitschen Thermometer auch die Grade der Wärme zu bestimmen vornahm, so trieb er den Grad der Wärme auch nur bis zum 520sten Grad. Die vornehmsten Grade sind folgende:

Grad des Fahrenheitschen Thermometers.	Secunden-Zeit zum Austrocknen des Wassertropfens.
520	89
500	80
480	70
420	60
380	35
360	4
300	1
250	5
230	33
220	38
210	70
200	88
190	105

§. 239.

Diese Versuche gehen von Leidenfrosts seinen in so fern ab, daß Leidenfrost den Grad der schnellsten Ausdünstung bey der Hitze des siedenden Wassers, folglich beym 212ten Fahrenheitschen Grad statt zu finden erachtete. Ziegler hingegen forschete genauer nach, und fand den 300ten Grad. Vermuthlich hat auch Ziegler größere Wassertropfen gebraucht. Denn da er schon beym 520sten Grad 89 Secunden Zeit fand, so fand hingegen Leidenfrost bey geschmolzenem Bleye nur 6 bis 7 Secunden, und selbst bey höchstglühendem Eisen nur 35 Secunden Zeit. Da auch die Wassertropfen nicht so gemessen worden,

Digitized by Google

daß sie genau einerley Größe hatten, so entsteht daher in den beobachteten Zeiten eine Ungleichförmigkeit. So z. E. fand Ziegler 60 Secunden sowohl beym 400ten als beym 420sten und 440sten Grad. Um diese Ungleichheiten leichter zu erkennen, habe ich in der 5ten Figur Zieglers Thermometer-Grade auf die Abscissenlinie E B, seine Zeiten aber als Ordinaten gezeichnet. Die Endpuncten der Ordinaten scheinen in zwo ziemlich verschiedenen krummen Linien A C, D F zu liegen, so daß bey dem 358sten Grade des Thermometers in den Wassertropfen eine ganz neue Veränderung vorzugehen anfängt. Das Wasser wird von da an, und zwar sehr schnell desto feuerfester, je größer die Hitze des Metalles ist, worauf es gelegt wird. Es hört auch ganz auf sich an das Metall anzulegen, nimmt eine kugelrunde Gestalt an, und schwebt auf der Oberfläche des glühenden Metalles so, als wenn es dieselbe gar nicht berührte.

§. 240.

So wie die krumme Linie A G C sich zwischen den etwas irregulär liegenden Endpuncten der Ordinaten durchziehen ließ, scheint sie von einer Parabel nicht viel unterschieden zu seyn. Man könnte sie aber eben so gut auch als eine Hyperbel ansehen, oder als eine andere Linie, die gegen C hin, nach und nach, asymptotisch wird. Dieses scheinen auch die Leidenfrostischen Angaben, die auf viel höhere Grade der Hitze gehen, zu erfordern, weil er für glühend Eisen 5mal mehr Secunden Zeit ansetzt als für schmelzendes Bley, und vom 300ten Fahrenheitschen Graden angerechnet, der Ueberschuß der Hitze des Eisens wohl auch 5mal größer als der vom schmelzenden Bleye ist.

§. 241.

Wenn die Dünste des Wassers eingeschlossen sind, so erhalten sie durch die Wärme eine Schnellkraft, wodurch sie auch die stärksten Gefäße zersprengen können, und das Wasser selbst wird fähig die härteste Beine zu erweichen. Der Papinische Siedetopf ist in dieser Absicht bekannt. Es hat sich aber außer Herrn Ziegler, meines Wissens, niemand Mühe gegeben, die Kraft solcher Dünste durch Versuche zu bestimmen. Solche Versuche erzählt derselbe in seiner Abhandlung *de digestore Papini* sehr umständlich. Er verwandelte, so zu sagen, den Siedetopf in ein Amontonsches Thermometer, und so konnte er die Kraft der Dünste durch die Höhe einer Quecksilbersäule bestimmen, welche nebst dem Druck der äußern Luft der Kraft der Dünste das Gleichgewicht hielt. Zugleich aber brachte er auch ein Fahrenheitsches Quecksilberthermometer daben an, um den Grad der Hitze bestimmen zu können. Ich werde hier von seinen Versuchen nur zween anführen, woraus erhellen wird, wie die Kraft der Dünste von der Kraft der Luft verschieden ist.

Digitized by Google

§. 242.

In dem einen Verſuche blieb der Topf leer, ſo daß außer dem Gefäßchen, worinn das Queckſilber war, welches durch den Druck der Luft oder Dünſte in die gläſerne Röhre ſteigen mußte, nur Luft darinn war. Dieſe Luft hatte die Wärme vom 59ſten Fahrenheitſchen Grade. Sie wurde hierauf bis zum 310ten Grade erhitzt, und dadurch ihre Schnellkraft dergeſtalt verſtärkt, daß das Queckſilber in der Röhre 17 Zoll hoch ſtieg. Zu dieſen 17 Zollen müſſen nun noch wegen des Druckes der äußern Luft 27 Zoll addirt werden. Und damit iſt der ganze Druck dem von einer 44 Zoll hohen Queckſilberſäule gleich; folglich $\frac{44}{27} = 1{,}630$mal ſtärker als der Druck beym 59ſten Grad der Wärme war. Nun iſt

Fahrenheit	Luftthermometer.
59	$1055\frac{1}{2}$
310	$1572\frac{1}{2}$

folglich

$$\frac{1572\frac{1}{2}}{1055\frac{1}{2}} = 1{,}490.$$

Dieſe Verhältniß iſt merklich geringer als 1,630, und ſcheint anzuzeigen, daß die in der Luft enthaltene Dünſte durch die ſtarke Erhitzung zur Vermehrung der Kraft der Luft etwas beytrugen. Dieſes erhellet auch daraus, daß beym Wiedererkälten die Schnellkraft ſchneller als die Wärme abnahm. Uebrigens zeigte auch das Thermometer nicht den Grad der innern Hitze an, weil es in einem mit Oel gefüllten Gefäßchen ſtunde, das zwar in den Topf hrrunter gieng, oben aber offen war, und mehr Zeit gebrauchte, jeden Grad der Hitze zu erlangen als die eingeſchloſſene Luft.

§. 243.

In dem andern Verſuche war der Topf zur Hälfte mit Waſſer angefüllt. Dadurch entſtunden beym Erhitzen mehr Dünſte. Auch giebt der Erfolg an, daß ihre Kraft ſehr beträchtlich war. Die Wärme war Anfangs von etwa 50 Fahrenheitſchen Graden. Sie nahm aber bis auf den 289ſten Grad zu, und das Queckſilber in der Röhre erreichte eine Höhe von 130 Zollen. Hiezu noch 27 Zoll addirt, ſo erhält man 157 Zoll für den ganzen Druck, welcher demnach $\frac{157}{27} = 5{,}815$ größer als der Druck der äußern Luft war. Nun treffen zuſammen

Fahrenheit	Luftthermometer.
50	1037
289	1528,3

und man erhält

$$\frac{1528{,}3}{1037} = 1{,}474.$$

Demnach würde, wenn nur Luft in dem Gefäße gewesen wäre, ihre Kraft durch die Wärme 1,474mal verstärket worden seyn. Die Kraft der Dünste und der Luft zusammengenommen 5,815, war also beynahe 4mal stärker, als die Kraft der Luft allein bey gleicher Erhitzung würde gewesen seyn.

§. 244.

Dieses Verhältniß ist nun aber nur von dem Grad der Wärme zu verstehen, den die Dünste hatten, demnach von dem 289sten Fahrenheitschen Grade. Bey geringern Graden der Wärme wird die Kraft der Dünste sehr merklich schwächer. Dieses erhellet aus folgender Tafel:

Fahrenheit	Luftthermometer.	Queckſilberſäule.	Kraft der Dünste und der Luft.	Kraft der Luft allein.	Verhältniß
50	1037	27	1,000	1,000	1,00
141	1224	37	1,370	1,180	1,16
170	1283	47	1,741	1,238	1,41
193	1331	57	2,111	1,284	1,64
220	1386	77	2,852	1,337	2,06
254	1456	107	3,963	1,404	2,82
271	1491	137	5,074	1,438	3,53
289	1528	157	5,815	1,474	3,95

§. 245.

Diese Tafel ist ein Auszug aus einer viel weitläuftigern, welche aus der Zietzlerschen hätte berechnet werden können, weil Zietzler das Thermometer beobachtete, so oft das Queckſilber um 5 Zoll höher gestiegen war. Die unterste Zahlen sind eben die, welche vorhin (§. 243.) berechnet worden. Sie dienen also zur Erklärung der ganzen Tafel. Man sieht daraus, daß bey geringern Graden der Wärme die Luft das meiste beyträgt, das Queckſilber in die Höhe zu treiben, und daß erst, wenn das Wasser 212 Grad Wärme, das will sagen, die Wärme des siedenden Wassers hat, die Kraft der Luft durch die Kraft der Dünste bis zum doppelten vermehrt wird. Von da an nimmt die Kraft der Dünste sehr stark, und zwar immer stärker zu. Sie läßt aber beym Erkälten nicht nur eben so schnell, sondern noch etwas schneller nach. Der Unterschied trägt übrigens nicht viel aus, weil die Erkältung sehr langsam erfolgte. Bey des Savery Maschine zu London, werden die Dünste durch eingeflößtes kaltes Wasser abgekühlt, und da hört ihre Schnellkraft gleich auf. Man sieht übrigens, daß vorstehende Tafel dienen kann, die Kraft der londner Maschine zu berechnen. Man sieht aber auch, daß diese Kraft sich sehr merklich nach dem Grade der Wärme verändert. Und da der

Siedekessel nicht ganz geschlossen ist, und die Dünste immer wiederum abgekühlt werden, so wird auch der Grad der Hitze nicht wohl größer als der von siedendem Wasser angenommen werden können.

§. 246.

Die Kraft der Dünste oder der Feuchtigkeit in der Kälte ist nicht minder beträchtlich, wenn auch gleich die Kälte, an sich betrachtet, eine Verminderung der Kraft der Wärme ist. Es ist aber die Kraft der Wärme nicht die einige, welche in den Körpern wirksam ist. Die Cohäsionskräfte sind es nicht weniger, und selbst die Feuchtigkeit, kann sehr heftige Wirkungen hervorbringen. Hölzerne Keile, die in Felsen getrieben und dann mit Wasser angefeuchtet werden, schwellen mit solcher Macht auf, daß der Fels zersprengt wird. Die wenige Feuchtigkeit, die des Winters noch in den Bäumen bleibt, machet, daß die Bäume in der strengsten Kälte aufborsten, weil die wässerichten Theile im Frieren sich ausdehnen.

§. 247.

Dieses Ausdehnen durch den Frost ist bey verschiedenen flüßigen Materien sehr ungleich. Arnold, welcher durch seine zwo *Dissert. de viribus viuis* bekannt ist, hat hierüber mehrere Versuche angestellt, indem er bestimmt hat, um wie viele 1000te Theile die gefrornen Materien mehr Raum eingenommen, als sie vor dem Frieren einnahmen. Er fand für

Wasser	0,108
Weineßig	0,062
Urin	0,080
Milch	0,057
Bier	0,167
Molken	0,052
Lympha	0,074

Ferner für destillirte Wasser von

Rosen	0,092
Lindenblüthen	0,148
Augentrost	0,086
Wegrich	0,081
Melissen	0,158
Weinreben	0,100

Endlich für gesättigte Auflösungen von

Alaun	0,014
Salpeter	0,096
Borax	0,083
weißem Vitriol	0,100
grünem Vitriol	0,111

Digitized by Google

Die Auflösungen lassen beym Erkälten und Gefrieren einen Theil des Salzes zu Boden sinken. Ich habe auch gefunden, daß Salzsohle nicht in einem Stücke fror, sondern blätterichtes Eis war. Die Vergrößerung des Raumes bey frierendem Wasser rühret daher, daß die Eistheilchen eine dreyeckichte Lage annehmen, woraus Sechsecke und Rauten, auch länglichte Parallelogrammen gebildet werden. Dadurch entstehen größere Zwischenräumchen. Da nun die Theilchen des Eises sich nicht von selbst in solche Lage setzen, so wird allerdings eine Kraft dazu erfordert. Diese Kraft mag bey jedem Theilchen sehr geringe seyn. Ihre Summe aber, wenn sie auf ganze Flächen gerechnet wird, ist immer groß genug, um die vorerwähnten Wirkungen hervorzubringen. Auf die Art und Geschwindigkeit des Frierens kömmt hiebey auch viel an. Wenn die Oberfläche schon zugefroren ist, ehe die innere Theile genugsam erkältet sind, so entstehen zwischen dem Eise, welches sich nach und nach ansetzt, viele größere und kleinere Blasen, die voll Luft und zum Theil wohl auch ganz leer sind. Bey solchen Blasen wird das Eis leichter, als es ohne dieselben seyn würde.

§. 248.

Was nun die ausdehnende Kraft des Eises betrift, so hat man bereits eine Menge von Versuchen darüber angestellt. Hügens zersprengte einen Flintenlauf, Boile eherne Röhren und zinnerne Gefäße, Hales eine eiserne Bombe ꝛc. Dadurch wurde aber nur überhaupt gefunden, daß die Kraft sehr groß sey. Die Florentiner Akademiker zersprengten metallene Kugeln, wovon wenigstens eine von Meßing eine beträchtliche Dicke hatte. Nach der Figur, welche, so viel ich urtheilen kann, diese Kugel in Lebensgröße vorstellt, finde ich den äußern Durchmesser von 29⅓ Linien, den innern von 13 Linien Rheinl. Maaßes. Muschenbroek in seinen Anmerkungen darüber, rechnet die zum Zerreißen erforderliche Kraft auf 27720 Pfund. Die Rechnung giebt er nicht umständlich an. Vermuthlich ist es die Kraft, womit die Kugel gerade hinaus hätte müssen zerrissen werden, und folglich die Kraft, womit ein meßingener Staab von 2 Zoll Dicke und Breite oder von 4 Quadratzoll Durchschnittsfläche zerrissen wird. Sie würde also dem Druck von etwa 460 Atmosphären gleich seyn. Hales oder vielmehr Buffon, weil dieser des erstern Rechnung berichtiget hat, findet bey Zersprengung von dessen Bombe einen Druck von 1550 Atmosphären, wovon jedoch, weil gegossenes Eisen leichter zerreißet als geschlagenes oder zu Draht gezogenes, etwas abgehen wird.

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Dritter Theil.

Von der Erwärmung und Erkältung der Körper.

Erstes Hauptstück.

Mittheilung der Wärme.

§. 249.

Die im vorhergehenden, so wie auch noch im gegenwärtigen Jahrhundert immer geführten Klagden, daß die Thermometer uns von den wahren Graden der Wärme gar nicht unterrichten, daß ihre Eintheilungen willkührlich sind, daß man nicht wisse, wo eigentlich der Anfang zum Zählen müsse gemacht werden, und daß, wenn man dieses auch wüßte, es nicht ausgemacht sey, ob gleich große Grade der Ausdehnung ebenfalls gleich große Grade der Wärme anzeigen ꝛc. Alles dieses konnte von fernern Untersuchungen eher abhalten als dazu aufmuntern. Indessen schien mir die letzte von diesen Ungewißheiten einiger nähern Aufklärungen fähig. Es kam auf ein Mittel an, dem Thermometer in gleichen Zeiten gleich viel Wärme mitzutheilen, und dann zu sehen, ob es sich immer auch um gleich viel ausdehnen würde.

§. 250.

Ein solches Mittel schien mir die Sonne zu seyn, wenn sie bey ganz hellem Himmel und windstillem Wetter in der Mittagsstunde scheinet. Ich wählte diese Stunde, weil alsdann die Höhe der Sonne sich sehr wenig ändert. Ich wählte

wählte dazu den 1sten Brachmonat 1751, und legte ein Weingeistthermometer, so wie es war an die Mittagssonne, um das Steigen des Weingeistes jede Minute aufzuschreiben. Ich fand aber schon nach der zweyten Minute, daß die Ausdehnung anfieng geringer zu werden, und dieses zeigte sich während den 14 Minuten, so lange ich nemlich die Beobachtung fortsetzte, immer mehr. Der Weingeist stieg in der ersten Minute $1\frac{1}{2}$ Grad, hingegen in der 13ten nur $\frac{2}{3}$ Grad. Es war nun zu offenbar, daß diese Ungleichheit nicht von der Sonne herrühren konnte, weil der Himmel gleich helle, die Luft gleich stille war, und die Höhe der Sonne sich nur unmerklich geändert hatte. Ich verfiel also ohne Mühe auf den Schluß, daß das Thermometer von der Sonne mehr Wärme erhalten habe als die Luft, weil ein im Schatten hängendes Thermometer während den 14 Minuten nur unmerklich gestiegen war. Da ich nun wußte, daß ein Körper in der Luft erkältet, so bald er wärmer als die Luft ist, so war es mir sehr begreiflich, warum die Ausdehnung des Weingeistes nicht in jeder Minute um gleich viel zugenommen, sondern immer mehr zurück geblieben. Das Thermometer verlor wieder von der Wärme, die es an der Sonne erhielt. Ich machte auch sogleich den Schluß, daß es in jeder Minute destomehr verlohr, je mehr es schon hatte. Dieser Schluß bot mir zugleich ein Mittel an, über die verlorne Wärme Rechnung zu tragen, sie zu der noch übrigen zu addiren, und dann zu sehen, ob die Summe der Zeit proportional seyn würde. Ich wiederholte also den Versuch, und setzte ihn längere Zeit fort, stellte auch andere an, wobey ein erwärmtes Thermometer am Schatten schlechthin nur erkältete. Ich fand aber, daß die Erfahrung mit dem, was diese Schlüsse und nach denselben angestellten Rechnungen angaben, nicht ganz eintreffen wollte. Da ich aber die Schlüsse als richtig genug ansahe, so untersuchte ich die Umstände des Versuches genauer, und urtheilte, daß ich daß Thermometer vom Brettchen wegnehmen, oben die Röhre öfnen, und es so legen müsse, daß die Kugel nichts berühre. Der Versuch wurde auf diese Art wiederholet und traf mit der Rechnung besser ein. Einige dieser Versuche habe ich in den *Actis Helvet. Tom. II.* bekannt gemacht.

§. 251.

Unter den hier erzählten Sätzen ist nun fürnemlich derjenige näher zu betrachten, welcher will, daß die Wärme, welche ein erkältender Körper in jeder Minute verliert, der Wärme, die er hat, proportional seyn. Dieser Satz ist das erste Grundgesetz von der Mittheilung der Wärme. Es schien so natürlich und ungezwungen, daß ich damals gar nicht daran dachte, ob es bewiesen werden müsse. Als ich mir nachgehends *Newtoni Opuscula* anschafte, so fand ich, daß Newton bey Anlaß seiner oben (§. 105) zum Theil angeführten Stuffenleiter eben dieses Gesetz gebraucht hat, um auch solche Grade

der Wärme zu bestimmen, wozu sein Leinölthermometer nicht hinreichte. Newton nimmt das Gesetz, ohne fernern Beweis, als an sich einleuchtend an, und gebraucht es, um daraus und aus seinen Versuchen herzuleiten, daß die Ausdehnung des Leinöles mit den Graden der Wärme zu gleichen Schritten gehe.

§. 252.

Diese Lehren erschienen 1701 in den Philosoph. Transactions, und fanden 1703 an Amontons einen etwas heftigen Gegner (§. 107 — 109.) Amontons sagt erst, daß der Engländer sich nicht bestimmt genug ausdrücke, wenn er sagt: Die Hitze, welche ein heißes Eisen in einer gewissen Zeit den kältern Körpern, die es berühren, mittheile, sey wie die ganze Hitze des Eisens. Hier will Amontons, daß statt des Ausdruckes ganze Hitze gesetzt werden müsse, übrigbleibende Hitze. Newton hatte wohl auch nichts anders gemeynet. Amontons wiederholet diesen Tadel zweymal nach einander. Ich vermuthe aber, er habe das zweytemal etwas anders sagen wollen, und zwar, daß, da er das erstemal von der übrigbleibenden Hitze spricht, er das zweytemal von der beziehungsweise zunehmenden Hitze hat sprechen wollen. Denn kältere Körper werden von wärmern nur in so fern erwärmt als diese mehr Wärme haben. Dieses hatte nun Newton nicht so verstanden. Es erhellet aus allem, was er von Wärme und Kälte sagt, daß er den Grad des Frierpuncts als den 0 Grad der Wärme angesehen. (§. 108.) Er brachte diesem zufolge sein glühend Eisen in kalte Luft, und damit je diese Luft nicht erwärmt werde, sagt er ausdrücklich, daß er es an einen Ort gelegt habe, wo der Wind gleichförmig durchblies, und demnach immer wiederum gleich kalte Luft an das Eisen brachte. Von den auf das Eisen gelegten Körpern glaubt Newton, daß sie die Hitze des Eisens angenommen hatten, und mit demselben nach und nach erkälteten. Dieses ist nun nur richtig, wenn diese Körper sehr klein waren. Denn große Körper werden nicht so in einem Augenblicke warm.

§. 253.

Amontons findet endlich, daß aus Newtons Satz folge, ein erkältender Körper verliere seine Wärme in geometrischer Progreßion, so daß, wenn er in einer gewissen Zeit die Hälfte verloren, er in dem nächstfolgenden gleich großen Zeitraume noch $\frac{1}{4}$, dannoch $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ ꝛc. übrig behalten werde. Dieses sagte auch Newton ausdrücklich genug. Aber Amontons fand viele Zweifel. Und diese mögen ihn verhindert haben, die Sache auf einen Versuch ankommen zu lassen. Er starb übrigens wenig Zeit nachher. Martine verstund Newtons Satz, ohne so viele Schwierigkeiten zu machen. Indessen glaubte er doch, daß es gut seyn werde, den Satz durch Versuche zu prüfen. Und da er theils die von Muschen-

Digitized by Google

broek, theils seine eigene Versuche mit dem Satze verglich, so glaubte er gefunden zu haben, daß von Newtons geometrischer Progreßion eine arithmetische müsse abgezogen werden. Barnaart in einer 1772 zu Utrecht gehaltenen Disputat. inaugural. fand bey ähnlichen Versuchen diese Verbesserung gut, hingegen schien sie ihm weniger gut, und Newtons Satz richtiger als er die Versuche einfacher machte. Richmann in *Comm. Nov. Acad. Petrop. T. I.* giebt seinen Versuchen zufolge dem Newton mehr Beyfall. Martine beruhiget sich übrigens nicht damit, daß Newton seinen Satz nur scheint geglaubt zu haben. Er forschet daher nach, und findet in Newtons *Principiis*, daß eine geometrisch abnehmende Progreßion statt findet, wenn ein bewegter Körper einen seiner Geschwindigkeit proportionalen Widerstand leydet. Es ist aber gewiß genug, daß Newton sich gar nicht in Sinn kommen lassen, von diesem bloß hypothetisch berechneten Widerstand eine Anwendung auf die Wärme zu machen.

§. 254.

Wenn nun Newtons Satz nach seiner Gedenkungsart soll erklärt, und so weit es angeht, bewiesen werden, müssen wir ganz anders schließen. Newton nennt nur das warm, was wir nach unserer Empfindung warm nennen. (§. 105.) Und so verstanden, eignen wir jedem Körper den Grad der Wärme zu, die wir bey dessen Berührung empfinden. Und wir nennen einen Körper wärmer, je mehr wir Wärme an demselben empfinden, das will also sagen, je mehr er uns, beym Berühren, Wärme mittheilt, oder wenigstens macht, daß wir weniger Wärme verlieren. So hatte ich es mir 1751, ohne von Newtons Satz etwas zu wissen, ebenfalls vorgestellt. Ich fand aber doch rathsam, es auf den Ausspruch der Erfahrung ankommen zu lassen, und stellte deswegen die vorhin (§. 251.) erwähnte Versuche an. Diese zeigten mir damals, daß der Satz bey Weingeistthermometern, die oben offen, und deren Kugeln ganz frey waren, sehr richtig eintraf.

§. 255.

Ein Körper erkältet in der Luft, so fern die Luft, die ihn umgiebt, wirklich kälter ist. Ich verstehe aber zugleich auch, daß er schlechthin nur von der Luft umgeben sey, und nicht etwa von andern Körpern berührt werde. Eben dieses verstehe ich, wenn ich sage, daß ein Körper in Wasser oder andern flüßigen Materien erkältet oder erwärmt werde. Wird hingegen ein Körper von einem andern berührt, so daß er von demselben nicht ganz umschlossen wird, so versteht es sich, daß wenn beyde Körper ungleiche Wärme haben, die Wärme sich aus dem wärmern in den kältern hinüber zieht, zugleich aber nimmt auch die Luft oder der Raum, in welchem die Körper sich befinden, Antheil daran, so daß die beyden Körper nicht allein in Betrachtung kommen. Eben dieses findet auch in Ansehung

Digitized by Google

mehrerer Körper statt, und man begreift, daß die Rechnung dabey zusammengesetzter wird, als wo nur ein einzelner Körper zu betrachten vorkömmt.

§. 256.

Es kann nun aber ein solcher einzelner Körper, zumal, wenn er groß und von irregulärer Figur ist, und nicht in allen Theilen gleich viel Wärme hat, ungefähr eben so angesehen werden, als wäre er aus mehrern Körpern zusammengesetzt. Der Unterschied ist nur, daß seine Theile dichter aneinander schließen, als wenn solche mehrere Körper einander nur berührten. Wir haben demnach die kugelichte Figur als diejenige anzusehen, welche bey der Erwärmung und Erkältung die größte Gleichförmigkeit darbeut. Der Unterschied der Größe hat aber dennoch etwas dabey zu sagen, weil die Wärme sehr langsam aus und einfließt. Daher wird die Oberfläche einer warmen Kugel früher kalt, als die Theile, die näher beym Mittelpunct sind. Und wenn die Kugel Anfangs in allen Theilen gleich warm ist, so muß ihre Wärme vorerst von der Mitte nach außen zu abnehmen, ehe sie nach unserm ersten Grundgesetze ihre Wärme verliert. Es zeigten mir auch die Versuche, daß gewöhnlich in der ersten Minute der Erwärmung und Erkältung eine Ungleichheit vorkömmt, und das Gesetz erst anfängt, in den folgenden Minuten genau statt zu finden. Gegen das Ende der Erwärmung und Erkältung kömmt zuweilen eine solche Ungleichheit ebenfalls vor. Solche am Anfang und am Ende sich einfindende Ungleichheiten, werden bey kleinern Kugeln geringer, weil da zur behörigen Vertheilung der Wärme weniger Zeit erfordert wird. Ich habe auch gefunden, daß, da sich im Thermometer das Queckſilber nicht so dichte an das Glas anlegt als der Weingeist, der Uebergang der Wärme aus dem Glase ins Queckſilber oder aus diesem in jenes zwischen der Wärme des Glases und des Queckſilbers einen Unterschied machet, welcher viel geringer ist, wenn statt des Queckſilbers Weingeist genommen wird.

§. 257.

Dieses war nun anzumerken, um wenigstens im Voraus begreiflich zu machen, daß unser erstes Grundgesetz nicht so ganz unbedingt angewandt werden kann. Es wird sich aber alles besser aufklären, wenn wir dieses Gesetz in seinen Folgen betrachten. Zu diesem Ende nehme ich den einfachsten Fall vor, wo eine kleine Kugel in einer flüßigen Materie, dergleichen die Luft ist, erkältet. Die Wärme, welche aus der Kugel in die Luft geht, verfliegt darinn, so daß sie nichts mehr auf die Kugel zurück wirkt, und so kann die Luft zunächst um der Kugel so angesehen werden, als hätte sie gerade nur die Wärme, die sie ohnehin schon haben würde. Diese aber werde ich als beständig ansehen, so lange die Erkältung dauert. Denn wenn sie nicht beständig bleibt, so muß darüber besonders Rech-

Digitized by Google

mung getragen werden. Dieſes iſt nun aber hier, wo vom einfachſten Fall die Rede iſt, meine Abſicht nicht.

§. 258.

Bey dem Erkälten der Kugel kömmt nun eigentlich nur die Wärme in Betrachtung, welche die Kugel mehr hat, als die ſie umgebende Luft. Es iſt der Ueberſchuß der Wärme. Und dieſer geht nach und nach aus dem Körper weg. Ich werde denſelben, ſo wie er zu einer beliebigen Zeit τ iſt, durch y ausdrücken. In dem Zeittheilchen $d\tau$, geht ein Theil dy aus der Kugel weg, und wenn $d\tau$ als beſtändig angeſehen wird, ſo iſt dem Grundgeſetze zufolge dy in beſtändiger Verhältniß von y. Dieſemnach ſetze ich

$$-\frac{dy}{y} = \frac{d\tau}{\gamma}$$

weil, wenn man $d\tau$ nicht beſtändig ſetzt, dy ſich nach $d\tau$ proportionirt. In dieſer Formel iſt γ mit $d\tau$ gleichartig, und ſtellt demnach eine Zeit von beſtimmter Größe vor. Man ſieht auch ohne Mühe, daß nach dieſer Formel y durch die Ordinaten einer logarithmiſchen Linie vorgeſtellt werden kann, deren Subtangente $= \gamma$ iſt, und wo die Abſciſſen $= \tau$ ſind. Iſt nun für $\tau = o$, $y = Y$, ſo haben wir

$$\log \frac{Y}{y} = \frac{\tau}{\gamma}$$

und

$$y = Y \cdot e^{-\tau : \gamma}$$

§. 259.

Wenn nun ein Körper nach dieſem Geſetze erkältet oder auch erwärmt wird, ſo werde ich, Kürze halber, den Ausdruck gebrauchen, daß er logarithmiſch erkältet oder erwärmt werde, und die Subtangente γ werde ich die Erkältungs- oder Erwärmungs-Subtangente des Körpers nennen. Dieſe Subtangente ſtellt die Zeit vor, in welcher die Kugel alle Wärme verlieren würde, wenn ſie nach arithmetiſcher Progreſſion, und zwar in jedem Zeittheilchen eben ſo viel, wie in dem erſten $d\tau$ verlöre. Eben dieſe Subtangente iſt auch in umgekehrter Verhältniß deſſen, was man die Geſchwindigkeit der Erkältung oder Erwärmung nennen kann und wirklich nennt, wenn man z. E. ſagt, daß eine kleinere Kugel geſchwinder erwärmt oder erkältet werde als eine größere.

§. 260.

Newton hat nun bey Anlaß des Cometen von 1680 ebenfalls schon auf diese Geschwindigkeit der Erkältung Rücksicht genommen. Er setzt die Menge Wärme y, so im Körper ist, richte sich nach dem körperlichen Raume, dahingegen die Menge d y, welche in jedem Zeittheilchen ausfleußt, sich nach der Oberfläche richtet. Folglich sey bey einer Kugel, y wie der Würfel, d y aber wie das Quadrat des Diameters, also gebrauche eine größere Kugel zum Erkälten destomehr Zeit, je größer ihr Diameter ist, weil sie gerade, wie der Cubus, und umgekehrt, wie das Quadrat des Diameters sey. Indessen vermuthete Newton, es möchte hievon etwas abgehen, und wünschte, daß jemand deswegen Versuche anstellen möchte. Martine hat nun solche Versuche angestellt, und daraus gefunden, daß Newtons Gedanken ziemlich richtig sind. Es sind aber die Martinesche Versuche hiezu nicht einfach genug. Er goß Wasser in Porcellangefäße, und in das Wasser stellte er Queckſilberthermometer. Hier ist also Porcellan, Wasser, Glas und Queckſilber, also 4 Körper, anstatt eines einzigen. Newtons Satz läßt sich an sich als richtig erkennen, nur muß man dabey annehmen, daß die Wärme im Körper gleich vertheilt sey. Dieses hat aber nur bey sehr kleinen Kugeln statt. Bey Kugeln von der Größe der Himmelskörper, worauf Newton sein Augenmerk richtete, möchte eine merkliche Ausnahme statt finden. Wir sehen auf der Erde, daß die größte Sommerhitze sehr wenig in die Tiefe eindringet, so daß die Keller schon das ganze Jahr durch eine merklich gleiche Temperatur behalten. (§. 152—156.) Bey kleinen Kugeln, wie die von Thermometern, läßt sich der Satz eher anwenden, und so will er eigentlich sagen, daß die Erkältungs-Subtangente $\mathcal{T}$ in Verhältniß des Diameters der Kugel größer oder kleiner sey, wenn übrigens die Kugel von einerley Materie ist, und in einerley flüßigen Materien erkältet oder erwärmt wird. Bey Körpern von andern, jedoch nicht allzu irregulären Figuren, kann man überhaupt betrachtet, und wenn man eben nicht die äußerste Schärfe sucht, annehmen, daß die Erkältungs-Subtangente $\mathcal{T}$ in gerader Verhältniß des körperlichen Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche sey, und zwar unter der eben angeführten Bedingung gleicher Materien.

§. 261.

Als ich im Jenner 1773 einige Thermometergläser mit Weingeist füllte, so nahm ich mit einem derselben, ehe ich die Röhre oben zuschmolz, den Versuch nochmals vor, wodurch ich ehemals den Satz von der logarithmischen Erkältung geprüft hatte. Zugleich wollte ich auch bestimmen, wie sich die Erkältungs-Subtangente zu dem Diameter der Kugel verhalte. Ich heftete die Röhre an ein hölzernes Stäblein, worauf bereits eine Stuffenleiter von einem ehemaligen Ther-

Digitized by Google

mometer geleimt war, ſo daß die Kugel das Stäbleín nicht berührte, ſondern zween Zolle davon abſtund. Ich fand nachgehends, daß die Stuffenleiter nicht ganz genau zu dem neuen Thermometer paſſete, ſondern 29 Grade derſelben, 31 Reaumurſche Weingeiſtthermometer-Grade betrug. Dieſes hat hier, wo es nur auf die Verhältniſſe ankömmt, nichts zu ſagen, weil die Reaumurſchen Grade ebenfalls willkührlich ſind. Ich werde demnach die beobachtete Grade nicht erſt in Reaumurſche verwandeln, ſondern ſie ſo herſetzen, wie ich ſie beobachtet habe. Ich legte erſt das Thermometer auf den Ofen und zwar den 30ſten Januar 1777, Nachmittags um 1 Uhr, zu einer Zeit, da die Stube das Maximum ihrer Wärme erreichte. Nachdem es bis zum 39, 4 Grad geſtiegen, legte ich es vor die Penduluhr, wo ein Tiſchgen geſtellt war auf ein Buch, ſo daß die Kugel hervor ſtund, und weder das Buch, noch den Tiſch berührte. Das Zimmer war währendes Verſuches geſchloſſen, damit nicht etwa durch Oeffnung der Thür die Luft erkältete. Das Thermometer, vor welchem ich ganz ſtille ſitzen blieb, beobachtete ich nach Verlauf einer jeden Minute, und fand, daß es folgendermaaßen fiel.

Zeit, Minuten.	Thermometer.	Zeit, Minuten.	Thermometer.
0	39, 4	15	19, 8
1	37, 0	16	19, 4
2	34, 8	17	18, 9
3	32, 8	18	18, 6
4	30, 9	19	18, 2
5	29, 3	20	17, 8
6	27, 8	21	17, 6
7	26, 5	22	17, 3
8	25, 3	23	17, 1
9	24, 4	24	16, 8
10	23, 5	25	16, 6
11	22, 6	26	16, 4
12	21, 8	27	16, 3
13	21, 1	28	16, 2
14	20, 4		

Weiter ſetzte ich den Verſuch nicht fort, weil das Thermometer anfieng ſo langſam zu fallen, daß die Aenderung der Wärme im Zimmer, die eben nicht ſtundenlang gleich bleibt, in das fernere Fallen des Weingeiſtes einen zu merklichen Einfluß haben konnte. Ich werde demnach ſetzen, daß es bey gleich bleibender Wärme in allem um Y Grade würde gefallen ſeyn. Nun fiel es in den 28 Mi-

nuten 39,4 — 16, 2 = 23, 2 Grade, und in der ersten Hälfte dieser Zeit 39,4 — 20,4 = 19,0 Grade. Demnach war der Ueberschuß der Wärme für

$$\tau = 0' \quad y = Y$$
$$14 \quad y = Y - 19{,}0.$$
$$28 \quad y = Y - 23{,}2.$$

Da nun die Zeiten um gleich viel verschieden sind, so sind diese Ordinaten in geometrischer Progreßion folglich:

$$Y.\ (Y - 23{,}2) = (Y - 19{,}0)^2$$

woraus

$$Y = 24{,}4$$

gefunden wird. Das Thermometer würde demnach bey gleich bleibender Wärme der Luft auf 39,4 — 24,4 = 15,0 Gr. gefallen seyn. Die fernere Anwendung der Formeln (§. 259.) giebt sodann die Erkältungs-Subtangente

$$7 = 9{,}233 \text{ Minuten.}$$

Und überhaupt, wenn man die Briggischen Logarithmen gebraucht, die Grade des Thermometers

$$\gamma = 15{,}0 + \text{nl}\,[1{,}390940 - 0{,}047036\,\tau]$$

wo ich, Kürze halber, durch nl die Zahl des Logarithmus andeute, welcher überhaupt durch $1{,}390940 - 0{,}047036\,\tau$ vorgestellt wird. Nach dieser Formel habe ich für jede Minute den Grad γ berechnet. Folgende Tafel stellt so wohl die beobachteten als die berechneten Grade vor.

τ	γ beobacht.	γberechnet.	τ	γ beobacht.	γberechnet.
0	39, 4	39, 6	15	19, 8	19, 9
1	37, 0	37, 1	16	19, 4	19, 4
2	34, 8	34, 8	17	18, 9	18, 9
3	32, 8	32, 8	18	18, 6	18, 5
4	30, 9	30, 9	19	18, 2	18, 1
5	29, 3	29, 3	20	17, 8	17, 8
6	27, 8	27, 8	21	17, 6	17, 5
7	26, 5	26, 5	22	17, 3	17, 3
8	25, 3	25, 3	23	17, 1	17, 0
9	24, 4	24, 3	24	16, 8	16, 8
10	23, 5	23, 3	25	16, 6	16, 6
11	22, 6	22, 5	26	16, 4	16, 5
12	21, 8	21, 7	27	16, 3	16, 3
13	21, 1	21, 0	28	16, 2	16, 2
14	20, 4	20, 4	∞	——	15, 0

Man

Man sieht hieraus, daß die Rechnung nur bey der ersten Ordinate 2 Decimaltheile mehr, bey den übrigen aber nur zuweilen 1 Decimaltheil mehr oder weniger giebt, bey den meisten aber mit der Erfahrung ganz eintrift. Der Diameter der Kugel beträgt 9,3 Linien Pariser Maaß. Da nun die Subtangente $7=9{,}233$ Minuten ist, so sahe ich, daß, so fern die Subtangente in Verhältniß des Diameters der Kugel ist, (§. 260.) für jede Linie Diameter der Kugeln der Weingeistthermometer 1 Minute Zeit für die Subtangente gerechnet werden kann, wenn nemlich das Thermometer in der Luft erkältet. Eine mehr oder weniger dicke und feuchte Luft mag übrigens hiebey einigen Unterschied machen.

§. 262.

Dieses Thermometer hatte ich aus andern Ursachen einige Tage offen gelassen. Ehe ich es zuschmolz, nahm ich noch einen Versuch vor, um zu sehen, wie es erkälten würde, wenn ich es über einem Kohlfeuer so weit erwärmte, bis zu besorgen war, daß der Weingeist sieden würde. Ich ließ sogleich das Kohlfeuer wegtragen, und legte das Thermometer an eben den Ort, wie das erstemal, um dessen Grade nach jeder Minute aufzuzeichnen. Ich werde die beobachteten Grade sogleich, nebst den nach der Formel

$$\gamma = 13{,}0 + \text{nl}\,[1{,}61805 + 0{,}04972.\,\tau]$$

berechneten, in folgender Tafel hersetzen:

τ	γ beobacht.	γ berechnet.	τ	γ beobacht.	γ berechnet.
0	54,7	54,5	13	22,5	22,4
1	50,0	50,0	14	21,5	21,4
2	45,8	46,0	15	20,6	20,5
3	42,3	42,4	16	19,8	19,6
4	39,9	39,2	17	19,1	18,9
5	36,2	36,4	18	18,4	18,3
6	33,8	33,9	19	17,7	17,7
7	31,5	31,6	20	17,2	17,2
8	29,7	29,6	21	16,7	16,7
9	27,8	27,8	22	16,2	16,3
10	26,2	26,2	23	15,8	16,0
11	24,8	24,8	24	15,4	15,7
12	23,7	23,5	∞	——	13,0

Digitized by Google

Der Unterschied der Rechnung von der Beobachtung beträgt höchstens 0,3 Grade. Ich hatte größere Unterschiede erwartet, weil der Weingeist diesesmal so weit erwärmt war, daß er dem gewaltsamen Zustande des Siedens sehr nahe kam. Die Erkältungs-Subtangente ist auch in der That etwas kleiner als bey dem ersten Versuch, nemlich $7 = 8,73$ Minuten. Und dieses zeigt an, daß der Weingeist bey den größern Graden der Wärme etwas mehr als nach Verhältniß der Wärme ausgedehnt worden. Diesen Versuch habe ich den 3ten Febr. 1777 Vormittags zwischen halb 11 Uhr und 11 Uhr angestellt.

§. 263.

Bey geschlossenen Weingeistthermometern habe ich immer auch die Erkältungs-Subtangente kleiner, jedoch auch die Erkältung nicht völlig logarithmisch gefunden. Bey Queckſilberthermometern fand ich für gleich große Diameter die Erkältungs-Subtangente in der Luft, um $\frac{2}{3}$ kürzer, so daß für eine Kugel von 10 Pariser Linien $7 = 6$ Minuten war. Ließ ich aber die Thermometer in Waſſer erkälten, so fand ich die Subtangenten 8 bis 10mal kürzer als wenn sie in der Luft erkälteten.

§. 264.

Nunmehr werde ich die oben (§. 105.) gegebene Newronsche Stuffenleiter verschiedener Grade der Wärme vollständig machen können. Newton ließ ein Stück Eisen im Feuer glühend werden, und an einem Orte, wo der Wind gleichförmig vorbey wehete, wieder erkälten. Er legte verschiedene Stückchen Metalle und andere Materien darauf, und beobachtete die Zeit, wenn sie anfiengen, ihre Flüßigkeit zu verlieren, oder auch, wenn sie gerade nur flüßig wurden. Einige dieser Grade hatte er bereits, mittelst des Leinöhlthermometers bestimmt. Und so hatte er für diese die Ordinaten y in Graden des Thermometers ausgedrückt. Die höhern Grade berechnete er sodann, vermittelst der Zeit, unter der Voraussetzung, daß die Erkältung logarithmisch wäre. Seine Beobachtungen, denen ich sogleich auch die übereinstimmende Grade des Fahrenheitschen und des Luftthermometers beyfüge, sind nun folgende:

Digitized by Google

Leinöhlther-mometer.	Fahren-heit.	Luftthermo-meter.	
81	460	1880	schmelzend Bismuth, wie auch schmelzend Loth von 4 Theilen Bley und 1 Theil Zinn, wie auch stockend Loth von 5 Theilen Bley und 1 Theil Zinn.
95	535	2032	stockend Bley.
96	540	2043	schmelzend Bley.
114	635	2240	glühend Eisen hört auf im Finstern roth zu scheinen.
			schmelzende Mischung von gleich viel Zinn und Regulus ♂.
136	752	2480	glühend Eisen hört auf in der Dämmerung zu leuchten.
			stockende Mischung von 1 Theil Bismuth und zween Theilen reg. ♂, wie auch stockende Mischung von 1 Theil Zinn und 5 Theilen reg. ♂.
146	805	2589	stockender Regulus martis
161	884	2752	glühend Eisen höret auf am hellen Tage zu leuchten.
195	1064	3122	glühend Eisen, wie auch Hitze von Steinkohlenfeuer.
200	1019	3177	Hitze des Holzfeuers.
210	1140	3250	

§. 265.

Diese Tafel ist die Fortsetzung der oben (§. 105.) vorkommenden. Sie kann in einigen Stücken mit der Muschenbroekschen (§. 227.) verglichen werden, und kömmt mit derselben darinn überein, daß Eisen, welches anfängt, oder aufhört, glühend zu scheinen, eine Hitze von 3000 bis 3200 Graden des Luftthermometers haben muß. Daß Muschenbroek den Grad für schmelzendes Bley, wie auch für schmelzenden Bismuth zu hoch angesetzt oder eigentlich den geringsten Grad nicht getroffen hat, habe ich bereits oben angemerkt. Ziegler, welcher auf seinem Siedetopfe ähnliche Versuche gemacht, und dabey die Grade des Fahrenheitschen Queckſilberthermometers beobachtet hat, giebt folgende Beobachtungen an, denen ich ebenfalls die Grade des Luftthermometers beyfüge.

Fahrenheit.	Lufthermometer.	
625	2219	stockend Bley.
496	1954	stockend Wismuth.
600	2168	fließend Wismuth.
438	1835	stockend Zinn.
320	1592	siedend Therbentinöhl.
356	1666	schmelzend Loth von 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley.
214	1374	schmelzend Loth von 5 Theilen Bismuth, 2 Theilen ♄, 3 Theilen ♃.
239	1425	5 ☿ + 2 ♄ + 4 ♃.
263	1475	5 2 5
283	1516	5 2 6
297	1545	5 2 7
306	1563	5 2 8
328	1608	5 2 13
340	1633	5 2 23

Beym stockenden Zinn treffen Newton, Muschenbroek und Ziegler sehr nahe zusammen. Beym Bley hält Ziegler das Mittel, beym stockenden Bismuth kömmt er Newton näher. Es ist übrigens auch nicht alles Bley oder Bismuth gleich leichtfließig. Und endlich muß ich noch anmerken, daß Newton, mittelst des Geringern das Größere berechnete, so daß ein kleiner Unterschied in der angenommenen Erkältungs-Subtangente die größere Grade der Hitze sehr ändern kann.

§. 266.

Martine hat über das Erwärmen und Erkälten verschiedener Körper mehrere Versuche angestellt. Er füllte Gläser von gleicher Größe und Figur mit Wasser, Quecksilber, Baumöl und Weingeist, und stellte das Glas mit Wasser, nebst einem der andern Gläser vor das Feuer, um sie erwärmen zu lassen. In jedem war ein Thermometer, dessen Steigen er von 4 zu 4 Minuten beobachtete. Nachgehends ließ er sie an der freyen Luft wieder erkälten, und zwar von gleichem Grade der Wärme an gerechnet. Ich habe seine Beobachtungen construirt, und gefunden, daß die so am Feuer gemacht worden, zu viel irregulär waren, weil sowohl die Ungleichheit der Flamme als der ungleiche Zufluß der Luft die Erwärmung ungleichförmig machen. Bey dem Erkälten war mehrere Gleichförmigkeit. Ich finde aus diesen Versuchen zwischen den Erkältungs-Subtangenten dieser Materien, wenn sie von gleicher Größe und Figur genommen werden, folgende Verhältniß:

Digitized by Google

Queckſilber	56
Baumöl	64
Weingeiſt	77
Waſſer	100

Dieſe Materien erkälteten an der Luft. Es iſt aber jedoch zu bemerken, daß nur ihre Oberfläche der Luft ausgeſetzt war, und daß ſie demnach größtentheils durch das Glas ihre Wärme verloren. Dieſes iſt aber nicht ganz gleichgültig. Ich hatte anſtatt offener Gläſer, geſchloſſene Thermometer gebraucht, wo demnach Weingeiſt und Queckſilber ganz durch Glas erkälteten. (§. 263.) Dieſes iſt der Grund, warum ich das Verhältniß der Subtangenten, wie 5 zu 3 fand, anſtatt daß ſie bey Martine, wie 11 zu 7 ſind. Endlich findet Martine auch, daß ſein Queckſilberthermometer in der Luft 8 bis 9mal langſamer erkältete als in Waſſer oder in Queckſilber. Denn dieſe zwo Materien gaben keinen ſehr merklichen Unterſchied. Martine hält ſich übrigens lange dabey auf, daß ſeine Verſuche von dem, was Boerhave, Muſchenbroek und andere angeben, ſo ſehr verſchieden ſind. Dieſe ſchloſſen überhaupt, daß ein dichter Körper langſamer erwärmt und erkältet werde als ein lockerer, und erſterer erzählt es ſo, als wenn die Erfahrung es allemal bekräftigen würde. Die Erfahrung macht nun aber dabey ſtarke Ausnahmen, und zeigt, daß hiebey noch mehr Umſtände in Betrachtung kommen.

§. 267.

Da man die flüßigen Materien nicht anders als vermittelſt der Gefäße beſtimmte Figuren geben kann, ſo läßt ſich beſonders auch die Erkältungs-Subtangente der Luft nicht anders als mittelſt der Gefäße beſtimmen. Ich finde aber, daß ſie ſo klein iſt, daß man ſie ſo gut als für nichts zu achten hat. Wenn ich die Kugel des im 91ſten §. beſchriebenen Luftthermometers in der Hand halte oder in warmes Waſſer ſetze, ſo bewegt ſich die kleine Queckſilberſäule in der Röhre augenblicklich ſo ſchnell, daß man ohne Mühe ſieht, die zur völligen Erwärmung der Luft in der Kugel erforderliche Zeit betrage, bloß deswegen etliche Secunden, weil das Glas der Kugel ſo viel Zeit braucht erwärmt zu werden. Die Queckſilberſäule läuft mit einer wirklich beſchleunigten Bewegung von dem erſten Augenblicke an, und wenn das Waſſer ſehr warm iſt, ſo fähret ſie mit ziemlicher Geſchwindigkeit zur Röhre heraus, ſo bald die Kugel ins Waſſer kömmt. Nehme ich hingegen die Kugel des im §. 81. und folgenden beſchriebenen Luftthermometers in die Hand, oder ſtelle ſie in warm Waſſer, ſo ſteigt das Queckſilber in der Röhre ebenfalls in wenigen Secunden ſchnell aufwärts, hernach fährt es fort ganz langſam zu ſteigen. Nemlich in den erſten Secunden erhält die Luft in der Kugel ſchon alle Wärme. Da aber das unten in der Kugel liegende Queckſilber viel langſa-

mer erwärmt wird, ſo benimmt es auch der Luft einen Theil ihrer gleich Anfangs erlangten Wärme, bis es endlich auch die Wärme des Waſſers erlangt hat. Dieſe Schnelligkeit, womit die Wärme ſich in der Luft ausbreitet, macht, daß die Luft aller Orten gerade nur die Wärme der Körper hat, welche ſie berühret, und daß, wenn die Erde und andere Körper die Wärme der Sonne nicht beſſer auf behielten, als die Luft, wir von der Sonnenwärme wenig würden zu genießen haben. Da ferner alle andere Körper in der Luft ſo langſam erwärmen und erkälten, ſo iſt dieſes der Grund, warum dünne Fenſtergläſer die Wärme in der Stube zurück halten, und beſonders, warum die Wirkung doppelt wird, wenn doppelte Fenſter ſind. Man begreift eben ſo, daß ein Zimmer wärmer bleibt, wenn die Wärme ſich durch Tapeten oder Getäfel den Weg in die Mauer bahnen muß. Man begreift eben ſo auch, warum das Waſſer uns kälter zu ſeyn ſcheint als gleich kalte Luft? Denn die Erkältungs-Subtangente iſt in der Luft 8 bis 10mal größer als im Waſſer, und ſo verlieren wir in der erſten Secunde im Waſſer 8 bis 10mal mehr Wärme als in der Luft.

§. 268.

Noch habe ich anzumerken, daß die Erwärmungs-Subtangente mit der Erkältungs-Subtangente bey jedem Körper und in einerley flüßigen Materie einerley Größe hat. Wenn das Thermometer um gleich viele Grade wärmer oder kälter als die Luft iſt, ſo nähert es ſich der Luftwärme nach einerley logarithmiſchen Linie. Die Anzahl der Grade von Wärme, die es in gleicher Zeit im erſten Fall verliert, im andern Fall erhält, iſt gleich groß. Man kann hieraus ſchließen, daß gleiche Grade der Wärme im Thermometer, in der Luft, in andern flüßigen Materien gleiche Ueberwucht haben. Ich ſage mit Vorbedacht: Ueberwucht. Denn das Wort Kraft würde hier mehr zweydeutig geweſen ſeyn, weil die Kraft der Wärme in den Körpern von der Kraft, womit ſie in andere berührende Körper wirket, nothwendig zu unterſcheiden iſt. (§. 102.)

Zweytes Hauptstück.

Erwärmung und Erkältung in zusammengesetzten Fällen.

Erster Abschnitt.

Erwärmung am Feuer und an der Sonne.

§. 269.

Das Feuer brennt gewöhnlich zu ungleich, als daß die Wärme, die es mittheilet, einer genauen Berechnung fähig seyn sollte. Wenn man demnach setzt, die Wirkung des Feuers sey eine Zeitlang gleich gewesen, so rechnet man hiebey eines in das andere und nimmt einen mittlern Durchschnitt. Und so genommen will es sagen, das Feuer habe einem Körper in gleicher Zeit gleich viel Wärme mitgetheilt. Ich setze ferner hiebey, daß der Körper nicht im Feuer liege. Denn so würde er zu den im vorhergehenden Hauptstücke betrachteten Fällen gehören. Der Körper soll außerhalb dem Feuer seyn, von demselben in gleich viel Zeit gleich viel Wärme erhalten, diese Wärme aber in der Luft wiederum so verlieren, daß er nur bis auf einen gewissen Grad erwärmt wird. Ich setze diese Umstände bloß, weil sie die einfachsten sind, wobey ein Körper erwärmt wird und zugleich auch die erhaltene Wärme wieder verliert. Es ist zugleich auch der Fall derjenigen Körper, die an der Sonne erwärmt werden, wenn die Sonne fortfährt gleich helle zu scheinen.

§. 270.

Es sey also y die Wärme, die der Körper nach Verfluß der Zeit τ hat; seine Erkältungs-Subtangente sey 7, und in jedem Zeittheile $= 1$, erhalte derselbe von dem Feuer n Grade von Wärme, so wird $n\,d\,\tau$ die Wärme seyn, welche er in dem Zeittheilchen $d\,\tau$ erhält. Da er aber y Grade wärmer ist als die ihn umgebende Luft, so wird er $y\,d\,\tau : 7$ Grade in eben dem Zeittheilchen wiederum verlieren. Folglich wird die Wärme, die er behält

$$dy = n\,d\,\tau - \frac{y\,d\,\tau}{7}$$

seyn. Man sieht ohne Mühe, daß wenn man n veränderlich setzt, diese Formel überhaupt auch alle die Fälle begreift, wo die Erwärmung ungleichförmig ist. Ferner sieht man, daß man in gleicher Allgemeinheit $dy = o$ setzen, und dadurch das *Maximum* der Wärme

$$y = n\,7$$

so der Körper erhält, bestimmen kann, wobey man, wenn n veränderlich ist, denjenigen Werth nehmen muß, welcher zur Zeit der größten Erwärmung statt findet. Die größte Wärme ist sodann derjenigen gleich, die der Körper in der Zeit 7 erhalten würde, wenn er inzwischen nicht wieder erkältete.

§. 271.

Setzen wir nun aber n beständig, so erhalten wir die Integralformel

$$y = n\,7 - (n7 - Y).\,e^{-\tau : 7}$$

wo Y die anfängliche Wärme vorstellt. Man sieht demnach, daß die Erwärmung logarithmisch und durchaus eben, die ist, welche statt haben würde, wenn die Luft die Wärme n 7 hätte, und der Körper in derselben erwärmt würde.

§. 272.

Wenn mehrere Körper von einerley Materie und Figur sind, und nur der Größe nach, sich von einander unterscheiden, so wird für jeden der Werth von n in gerader Verhältniß, der gegen das Feuer gekehrten Fläche und in umgekehrter Verhältniß seines körperlichen Raumes seyn. Hingegen ist die Erkältungs-Subtangente 7 gerade wie der Raum, und umgekehrt, wie die ganze Oberfläche. Da nun das Maximum der Wärme $= n\,7$ ist, so folgt, daß wenn bey allen solchen Körpern, die dem Feuer ausgesetzten Flächen der ganzen Oberfläche proportional sind, sie sämmtlich einerley Grad der Wärme erhalten werden. Der Unterschied wird nur seyn, daß die größern Körper diesen Grad langsamer und später erhalten. Ich verstehe übrigens, daß sie in gleicher Entfernung von dem Feuer stehen, so daß die Feuerstralen in gleicher Dichtigkeit auf ihre Oberfläche fallen. Denn sonst müßte der daher rührende Unterschied mit in die Rechnung gezogen werden.

§. 274.

Dieses findet nun auch in Absicht auf die Sonne statt, so lange sie gleich helle scheint und die Luft gleiche Wärme behält. Es kömmt aber in Absicht auf die Sonne noch ein Umstand hinzu, welcher von der Farbe der Körper herrührt. Man hat sich aber mehrentheils begnügt, diesen Unterschied aus optischen Gründen zu beweisen, und sich allenfalls nur auf gemeine Erfahrungen zu berufen. *Dalencé*, welcher zwey Stück Marmor, um ihre Ausdehnung durch die Wärme zu bestimmen, an die Sonne legte, die von gleicher Figur und Größe, wie auch der Sonne gleich ausgesetzt waren, merkt bey dieser Gelegenheit an, daß das weiße Stück noch kalt war, als das schwarze schon sehr stark erwärmt worden.

Pistoi

Pistoi zu Siena schwärzte ein Reaumurſches Queckſilberthermometer auf der halben Oberfläche am Rauche der Lampe. Als er die geſchwärzte Seite gegen die Sonne kehrte, ſtieg das Queckſilber bis zum 35ſten Grad. Als aber die weißgebliebene Seite gegen die Sonne gekehrt war, ſtieg es auf den 32ſten Grad. Am Schatten zeigte es 21 Grad. Die Sache ſcheint mir umſtändlichere Unterſuchung zu verdienen. Ich ſtellte demnach folgende Verſuche an:

§. 274.

Den 23ſten May 1772 um Mittag, legte ich drey Weingeiſtthermometer an die Sonne. Zwey waren mit Braſilienholz roth gefärbt, und die Diameter ihrer Kugeln waren $9\frac{3}{4}$ und $6\frac{3}{4}$ Linien Rheinl. Maaßes. In dem dritten war der Weingeiſt gar nicht gefärbt, ſondern cryſtallhelle. Der Diameter der Kugel betrug $9\frac{3}{4}$ Linien. Ein viertes Thermometer legte ich nächſt dabey an Schatten. Als die an der Sonne liegenden das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

die beyden mit gefärbtem Weingeiſte bey	25	Gr.	
das nicht gefärbte bey	:	:	$21\frac{1}{2}$ —
das am Schatten bey	:	:	10 —

alſo waren die beyden gefärbten 15 Grade, das ungefärbte nur $11\frac{1}{2}$ Grad geſtiegen.

§. 275.

Den 14ten Brachmonat um halb 12 Uhr, wiederholte ich den Verſuch, und legte noch ein Queckſilberthermometer mit an die Sonne, deſſen Kugel $9\frac{3}{4}$ Linien Rheinl. im Durchſchnitt hatte. Als ſie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, war

das von Queckſilber bey	:	:	23,0 Grad.
das größere rothgefärbte	:	:	24,1 —
das kleinere	:	:	24,0 —
das nicht gefärbte	:	:	21,8 —
das am Schatten	:	:	16,0 —

alſo war das von Queckſilber 7 Gr. Die beyden gefärbten Weingeiſtthermometer 8, und 8,1 Gr. Das ungefärbte 5,8 Gr. geſtiegen.

§. 276.

Hierauf tauchte ich den 15ten Brachmonat das nicht gefärbte Weingeiſtthermometer mehrmalen in Dinte und ließ es jedesmal trocknen, und ſo wurde es mit einer ſchwarzen undurchſichtigen Kruſte überzogen. Das kleinere Rothge-

färbte übertünchte ich mit sehr weißem Kalke, so daß die Kugel nunmehr 7½ Linien Durchmesser hatte. Ich legte sie sogleich um 10 Uhr Vormittags an die Sonne, und fand nach 11 Uhr

das geschwärzte bey	:	:	28,2 Gr.
das übertünchte	:	:	13,8 —
das unbestrichene	:	:	26,0 —
das am Schatten	:	:	16,5 —

also war das überschwärzte 11,7 Gr., das rothe 9,5 Gr. gestiegen, das übertünchte aber nicht nur nicht gestiegen, sondern 2,7 Grad gefallen, obgleich es auch an der Sonne lag. Ich konnte leicht vermuthen, dieses müsse daher rühren, daß der Kalk, womit es übertüncht worden, noch feucht war. Als ich hierauf die Thermometer wiederum an ihren Ort hieng, fand ich, daß das übertünchte noch 1,1 Grad mehr fiel, und erst nach einer Stunde wieder so weit stieg, daß es mit dem am Schatten gebliebenen übereintraf. Inzwischen war es ganz aufgetrocknet.

§. 277.

Den nächstfolgenden 16ten Brachmonat legte ich diese Thermometer, nebst dem von Queckſilber nochmals an die Sonne, und als sie das Maximum ihrer Wärme erreichet hatten, fand ich

das von Queckſilber bey	:	:	24,3 Grade.
das überschwärzte	:	:	30,2 —
das übertünchte	:	:	20,3 —
das rothgefärbte	:	:	26,6 —
das am Schatten	:	:	17,4 —

also war das von Queckſilber 6,9, das überschwärzte 12,8, das übertünchte 2,9, das mit rothgefärbtem Weingeiſte 9,2 Grade gestiegen.

§. 278.

Endlich übertünchte ich noch ein Weingeiſtthermometer mit Kalke, und überstrich das den 15ten, übertünchte zuletzt mit Zinnober, wodurch es mennigfärbig aussahe. Als sie lange schon getrocknet waren, legte ich sie den 26sten Brachmonat Vormittags an die Sonne. Nachdem sie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

das von Queckſilber bey	:	:	30,0 Grade.
das überschwärzte	:	:	37,2 —
das mit Zinnober bestrichene	:	:	29,9 —
das übertünchte	:	:	26,3 —
das von rothgefärbtem Weingeiſt			32,6 —
das am Schatten	:	:	22,8 —

Digitized by Google

also war das von Queckſilber 7,2 Grad. Das überſchwärzte 14,4 Grad. Das mit Zinnober beſtrichene 7,1 Grad. Das weißübertünchte 3,5 Grad. Das von rothgefärbtem Weingeiſte 9,8 Grad geſtiegen.

§. 279.

Der Weingeiſt in der Kugel des unbeſtrichenen Thermometers ſahe dunkelroth aus, war aber doch noch durchſichtig. Die Kugel des Queckſilberthermometers war ehemals vom Rauche etwas angelaufen, ſo daß das Queckſilber nicht ganz glänzendweiß durchſchien, und folglich etwas weniger Sonnenſtralen zurückfielen. Da ferner die Queckſilbergrade um etwa $\frac{1}{7}$ größer ſind, (§. 124.) ſo können in dem letzten Verſuche ſtatt der 7,2 Queckſilbergrade $8\frac{1}{2}$ Weingeiſtgrade gerechnet werden. Das weißbeſtrichene Thermometer war wie die weißeſte Mauer, das will ſagen, ſo weiß es immer ſeyn konnte.

§. 280.

Nun zeigen die zween erſten Verſuche, (§. 274. 275.) daß, ſo lange die beyden gefärbten Weingeiſtthermometer nicht beſtrichen waren, ſie an der Sonne um gleich viel ſtiegen, ungeachtet ihre Kugeln von ungleicher Größe waren. Vermöge des vorhin (§ 272.) geſagten, konnte dieſes voraus vermuthet werden. Da es alſo auf die Größe der Kugeln hier nicht ankömmt, ſo werde ich, Kürze halber, ſetzen, als wären ſie gleich groß geweſen. Alſo würden auf alle in gleicher Zeit gleich viele Sonnenſtralen aufgefallen ſeyn. Wenn demnach alle Sonnenſtralen hineingedrungen wären, ſo würden wenigſtens die Weingeiſtthermometer ſämmtlich um gleich viel Grade geſtiegen ſeyn. Es wurden aber viele Stralen von der Oberfläche zurückgeworfen. Daher drangen deſto weniger hinein, je heller die Farbe war, und zwar im letzten Verſuche

bey weißen	:	:	3,5 Gr.
— hellrothen	:	:	7,1 —
— dunkelrothen	:	:	9,8 —
— ſchwarzen	:	:	14,4 —

Das Queckſilberthermometer kömmt hier nicht in Vergleichung, weil mehrere Umſtände dabey verſchieden ſind.

§. 281.

Ob nun in dem Kalke ein beſonderer Grund iſt, daß das übertünchte Thermometer an der Sonne ſo gar wenig ſtieg, das läßt ſich gewiſſermaaßen vermuthen. Ich habe bereits vorhin angeführt, daß, als der Kalk noch feucht war, das Thermometer an der Sonne nicht ſtieg, ſondern fiel (§. 276.) Man

Digitized by Google

weis schon längst, daß, wenn auf die Kugel eines Thermometers Wasser gegossen wird, das gleiche Wärme mit der Luft hat, das Thermometer fällt. Den 24sten Junii 1772 stellte ich ein Thermometer in Wasser, welches mit der Luft gleiche Wärme hatte. Als ich es heraus zog, ohne die Kugel abzutrocknen, fiel es von 19,8 Gr. auf 18. Ich goß einige Tropfen Wasser auf die Kugel, und der Weingeist fiel bis auf den $16\frac{1}{2}$ Grad, aber nicht weiter. Es erhellet hieraus, daß bey dem Austrocknen nicht nur Wasser, sondern auch Wärme wegfährt, und zwar mehr Wärme als das austrocknende Wasser an sich schon hatte. Als ich den 24sten Jun. das den 15ten übertünchte mit Zinnober bestriche, wodurch es wieder feucht wurde, fiel der Weingeist vom 19ten auf den 15ten Grad, und stieg dann so langsam wieder, daß es erst nach 6 Stunden die Wärme der Luft erreichte. An eben dem Tage hatte ich ein ander Weingeistthermometer übertünchet. Als es Nachmittags um 4 Uhr trocken war, tauchte ichs 20 Secunden lang in Wasser. Während dieser kurzen Zeit fiel es von $20\frac{1}{4}$ Gr. auf 20 Gr. Als ich es herausgezogen, fiel es in Zeit von 12 Minuten auf 15,2 Grad, da es wieder anfieng sehr langsam zu steigen. Man kann hieraus schließen, daß feuchte Mauern kälter sind, als trockene. Da der Kalk die Feuchtigkeit leicht annimmt, so mag dieses ein Grund seyn, der das übertünchte Thermometer verhinderte mehr zu steigen als es gestiegen ist. Ich habe in der Photometrie durch Versuche bestimmt, daß das weiseste Bleyweis nur $\frac{2}{3}$ von den auffallenden Sonnenstralen reflectirt, folglich $\frac{1}{3}$ hineindringen. Wenn demnach in das überschwärzte Thermometer alle auffallende Sonnenstralen eingedrungen wären, so müßte, da es 14,4 Grad gestiegen, das übertünchte $\frac{1}{3}$. 14,4 = 8,6 Grade gestiegen seyn. Es stieg aber nur $3\frac{1}{2}$ Grad, demnach über die Hälfte weniger. Es kann nun auch seyn, daß, da der Kalk mehr Zwischenräumchen hat, die Wärme wiederum leichter daraus weggeht. Dadurch wird die Erkältungs-Subtangente kürzer, und das Maximum der Wärme geringer.

§. 282.

Da bey einerley Thermometer die Erkältungs-Subtangente 7 in der Luft sich nur in Absicht auf ihre Feuchtigkeit und Dichtigkeit, und damit überhaupt betrachtet, wenig ändert, so richtet sich das Maximum der Wärme an der Sonne n 7, fürnemlich nach der Dichtigkeit der auffallenden Sonnenstralen. Dieser Umstand gab mir längst schon Anlaß zu verschiedenen Versuchen. Den 21sten Jul. 1755. legte ich ein Thermometer an die Sonne, und beobachtete mehrere Minuten lang, wie es stieg. Als ich es wieder in Wasser erkältet und getrocknet hatte, legte ich es hinter ein Spiegelglas, durch welches die Sonne senkrecht schien. Nachgehends eben so hinter zwey Gläser, und dann hinter drey Gläser. Dieses war, um zu sehen, wie viele Sonnenstralen durch die Gläser würden aufgefangen

Digitized by Google

werden. Endlich ließ ich die Sonne unter einem Einfallswinkel von 30 Graden durch eines dieser Gläser auf das Thermometer scheinen: und zuletzt richtete ich die unter einem Winkel von 30 Graden auf das Glas und von demselben zurückfallenden Sonnenstralen auf das Thermometer; und beobachtete jedesmal, wie viel es von halben zu halben Minuten stieg. Damit über diesen Versuchen nicht zu viel Zeit vergieng und die Sonnenhöhe sich nicht zu merklich änderte, konnte ich nicht abwarten, bis das Thermometer jedesmal das Maximum seiner Wärme erreicht hatte. Es war auch überhaupt schon genug, wenn ich die anfängliche Geschwindigkeit bestimmte. Den Erfolg enthält folgende Tafel:

Zeit.	An der Sonne.	durch 1 Gl. senkrecht.	durch 2 Gl. senkrecht.	durch 3 Gl. senkrecht.	durch 1 Gl. unter 30 Gr.	von 1 Glas unter 30 Gr
0	21, 9	21, 2	21, 2	21, 3	21, 5	22, 3
1	22, 7	22, 0	21, 8	21, 9	22, 2	22, 5
2	23, 8	22, 8	22, 4	22, 4	23, 0	22, 7
3	24, 8	23, 5	23, 1	23, 1	23, 7	22, 9
4	25, 5	24, 2	23, 7	23, 7	24, 6	23, 0
5	26, 3	24, 9	24, 3	24, 2	25, 2	23, 2
6	27, 0	25, 6	25, 0	24, 7	26, 0	23, 3
7	27, 8	26, 2	25, 7	25, 1	26, 6	23, 5
8	28, 4	26, 8	26, 2	25, 5	27, 1	23, 6
9	29, 0	27, 4	26, 6	25, 9	27, 7	23, 7
10	29, 7	28, 0	27, 0	26, 3	28, 2	23, 8
11	30, 3	28, 5	27, 5	26, 6	28, 7	23, 9
12		29, 0	27, 9	27, 0	29, 1	24, 0
13		29, 4	28, 4	27, 3	29, 6	24, 1
14		29, 9	28, 8	27, 7		24, 2

Die Wärme der Luft war damals 20, 4 Gr. Von diesem Grade an muß eigentlich das Steigen des Thermometers gerechnet werden. Ich habe zu diesem Ende die Zahlen der ersten Columne oder die Zeit als Abscissen, und die Zahlen der übrigen Columnen als Ordinaten gezeichnet, und dadurch gefunden, daß die Dichtigkeit der Sonnenstralen in folgender Verhältniß war:

gerade	:	100
durch 1 Glas senkrecht	:	84
durch 2 Gläser	:	69
durch 3 Gläser	:	59

Digitized by Google

Diese Bestimmungen lassen sich nun mit denen vergleichen, die ich im 474 §. der Photometrie, mittelst anderer Gläser, auf eine bloß optische Art gefunden. Es ergiebt sich aus der Vergleichung, daß die hier gebrauchten Gläser durchsichtiger waren. Denn dort fand ich 100, 81, 66, 54: Zahlen welche in etwas stärkerer Verhältniß abnehmen, ungeachtet übrigens der Unterschied nicht groß ist. Ich habe auch bereits im 475sten §. der Photometrie angemerkt, daß Bouguer noch viel undurchsichtigere Gläser gebraucht hat, weil bey ihm schon zwey Gläser genug waren, die Hälfte der Sonnenstralen aufzufangen.

§. 283.

Auf eben die Art, wie ich die durch Gläser verminderte Dichtigkeit der Sonnenstralen durch Versuche bestimmt hatte, bestimmte ich sie, sofern sie durch den Dunstkreis der Erde vermindert wurde. Ich legte ein Thermometer an die Sonne und ein anderes nahe bey an Schatten. Dieses geschahe mehrmals Vormittags um 10 Uhr, da die Sonne anfieng, das Fenster zu bescheinen. Erst mußte ich eine Stunde und mehr vorbey gehen lassen, ehe das an die Sonne gelegte Thermometer so weit gestiegen, war, daß von da an sein Steigen und Fallen sich schlechthin nur nach der zu und abnehmenden Dichtigkeit der Sonnenstralen richtete. Ich fand aber selten einen Tag, wo nicht zuweilen Wolken vor die Sonne kamen, oder der Wind das Thermometer an der Sonne nicht etwas erkältete. Unter den noch vorräthigen Beobachtungen finde ich die vom 17ten May 1756 als die regulärste. Ich fand das Thermometer an der Sonne höher als das am Schatten Nachmittags bey der

Sonnenhöhe.	Grade.
60	15,8
50	14,6
40	12,8
30	10,0

Und daraus folgerte ich die in der Photometrie (§. 886.) angegebene Bestimmung von der Schwächung des Sonnenlichtes durch die Luft. Ich fand ferner:

	Tag.	Sonnenhöhe.	Grade vom Weingeistthermometer.	Grade vom Quecksilberthermometer.
1756.	12. Februar	$31\frac{1}{2}$ Grad.	6	5
	28. Februar	35 —	$9\frac{1}{2}$	8
	28. Mart.	$45\frac{1}{2}$ —	$12\frac{1}{2}$	10
	31. Mart.	$47\frac{1}{2}$ —	$12\frac{2}{3}$	$10\frac{1}{3}$
	8. Mart.	38 —	—	17
	15. October	$38\frac{1}{2}$ —	23	19
	28. April	57 —	—	13
	18. May	60 —	18,4	—

Man ſieht hieraus, wie die Dichtigkeit der Sonnenſtralen von der Höhe der Sonne und der ungleichen Durchſichtigkeit des übrigens hellen Himmels abhängt. Daß das Queckſilberthermometer weniger an der Sonne ſteigt als ein dunkelrothes Weingeiſtthermometer, erhellet aus dieſen Beobachtungen eben ſo, wie aus den vorhin (§. 275—279) angeführten. Uebrigens muß ich ein für allemal erinnern, daß bey allen meinen Thermometern die Kugel einen oder mehr Zolle von dem Brettchen abſteht, damit die Wärme des Brettchens in die von der Kugel keinen Einfluß habe. Sodann, da ich mich an das Reaumurſche Weingeiſtthermometer gewöhnt habe, ſo verſtehe ich ſolches, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil geſagt wird.

§. 284.

Dieſen Beobachtungen werde ich noch folgende beyfügen, die in Sachſen von Hrn. D. Hoffmann angeſtellt worden ſind. Es ſind nach dem Reaumurſchen Thermometer, die ſowohl an der Sonne als am Schatten beobachtete größte Grade der Sommerhitze von mehrern Jahren.

Jahre.	An der Sonne.	Am Schatten.	Unterſchied
1753	33, 0	22, 5	10, 5
1754	37, 0	20, 0	17, 0
1755	37, 0	29, 3	7, 7
1756	35, 3	23, 5	11, 8
1757	35, 3	25, 5	9, 8
1758	32, 5	25, 5	7, 0
1761	36, 3	26, 0	10, 3
1763	——	26, 4	——
1764	——	24, 0	——
1765	36, 0	24, 4	11, 6
1766	36, 0	24, 4	11, 6
1767	36, 3	29, 3	7, 0
1768	32, 0	26, 0	6, 0
1769	30, 3	——	——
1770	——	24, 0	——
1771	——	26, 6	——

§. 285.

Wenn ein Körper dem Feuer oder der Sonne wechſelsweiſe ausgeſetzt und entzogen wird, ſo erhält er eigentlich kein Maximum von Wärme, ſondern ſeine

Digitized by Google

Wärme nimmt dergestalt zu und ab, daß sie sich, wenn die Kraft des Feuers oder der Sonne beständig gleich bleibt, zuletzt zwischen gewissen Schranken verändert. Diese Schranken seyen Y, y, so daß $Y < y$. Und die Zeit der Erwärmung sey $= \tau$, so giebt die oben gefundene Formel (§. 271.)

$$y = n\,7 - (n\,7 - Y).\, e^{-\tau : 7}$$

Es sey ferner die Zeit der Wiedererkältung $= z$. Da nun der Körper von dem Grade y bis zum Grade Y wieder erkältet, so giebt die Formel (§. 258.)

$$Y = y.\, e^{-z : 7}$$

Aus diesen beyden Gleichungen folgt

$$y = n\,7.\,\left(1 - e^{-\tau : 7}\right) : \left(1 - e^{-(\tau + z) : 7}\right)$$

Demnach

$$y < n\,7.$$

Es ist aber $n\,7$ die Wärme, so der Körper erhalten würde, wenn er in einem fort an dem Feuer oder an der Sonne gelassen würde. Man sieht demnach, daß er bey dem abwechselnden Erwärmen und Erkälten diesen Grad der Wärme nicht erreichen kann. Und daraus folgt hinwiederum, daß eine geringere Kraft des Feuers oder der Sonne, wenn sie beständig auf den Körper wirkt, denselben eben so viele Wärme mittheilen kann, als eine stärkere Kraft, die nur wechselsweise auf den Körper wirket. Man kann hievon einige Anwendung auf die Erwärmung der Zimmer durch Oefen machen. Auch läßt sich daraus begreifen, daß in den Polarländern fortdauernder Sonnenschein die Erde eben so gut wärmt, als sie zwischen den Wendekreisen erwärmt wird, wo zwar die Sonne des Mittags viel höher geht, dagegen aber nicht viel über 12 Stunden über dem Gesichtskreise bleibt. Ich habe übrigens in dieser Berechnung die Zeiten τ, z beständig gleich angenommen, um die Rechnung einfacher zu machen, und um zu zeigen, was in diesem einfachsten Fall statt findet. In den Pariser Memoires 1719. erzählt Mairan einen hieher gehörenden Versuch. Er brachte 12 Unzen Wassers in einem irdenen Topfe am Feuer, in weniger als 17 Minuten Zeit zum sieden. Hingegen gebrauchte es etwas über 28 Minuten Zeit, als er eben so viel Wasser in eben dem Topfe und eben dem Feuer wechselsweise 4 Minuten lang aussetzte und 2 Minuten lang entzog. Als er es aber wechselsweise 2 Minuten aussetzte und 4 Minuten lang entzog, konnte er das Wasser nicht zum sieden bringen. Die Luft soll temperirt gewesen seyn. Es wurde aber kein Thermometer dabey gebraucht, und

und da das Waſſer nicht mehr als ſiedend werden kann, ſo läßt ſich nicht viel beſtimmtes aus dieſen Verſuchen ſchließen.

§. 286.

Außer dieſen Fällen, wo ein Körper dem Feuer oder der Sonne wechſelsweiſe ausgeſetzt und entzogen wird, giebt es auch ſolche, wo nicht immer eben die Seite des Körpers der Wirkung des Feuers oder der Sonne unmittelbar ausgeſetzt iſt. So z. E. ſind die Körper, die man am Feuer beſtändig umwendet. Wenn ſolche Körper ſehr klein ſind, daß die Wärme ſich gleich durch den ganzen Körper vertheilt, ſo hat dieſes Umwenden wenig zu ſagen. Bey größern Körpern aber erhält man dadurch den Vortheil, daß die Wärme ſich gleichförmiger durch dieſelbe vertheilet, und daß ſie nicht auf der einen Seite anbrennen, während dem ſie auf der andern Seite kalt bleiben. In Abſicht auf die ganze Summe der Wärme iſt es, überhaupt betrachtet, einerley. Iſt aber der Körper nicht ſehr rund, ſondern flach oder zackicht, ſo kann ſich wegen der Ungleichheit, der dem Feuer oder der Sonne ausgeſetzten Seite ein merklicher Unterſchied äußern. Man kann hieraus verſchiedene Regeln für die Koch- und Bratekunſt herleiten, welche theils die Figur des Bratens, theils die Geſchwindigkeit des Umdrehens betreffen.

§. 287.

Die Sonne wird oft durch Wolken, theils wechſelsweiſe, theils auch den ganzen Tag über bedeckt. Das letztere verurſachet aber keine gänzliche Entziehung der Sonnenwärme. Das Sonnenlicht wärmet, auf welche Art es immer auf die Körper fällt, und daher auch unter der Geſtalt des bloßen Tageslichtes. Ich habe in der Photometrie (§. 985.) gewieſen, daß eine Ebene, die von dem ganzen Himmel beleuchtet wird, bey mäßigen Sonnenhöhen ungefähr $\frac{1}{3}$ von demjenigen Lichte erhält, das ſie erhalten würde, wenn die Sonne ſenkrecht ſie beleuchtete und keine Sonnenſtralen von der Luft aufgefangen würden. Da aber die Luft ſelbſt bey großen Sonnenhöhen, wenigſtens $\frac{2}{3}$ Stralen auffängt, ſo daß nur noch $\frac{1}{3}$ auffallen; (Photom. §. 886.) ſo verhält ſich die Beleuchtung der Ebene vom ganzen Tageslichte zu ihrer Beleuchtung von der Sonne, wie $\frac{1}{3}$ zu $\frac{1}{3}$, folglich wie 1 zu 3. Es folgt hieraus, daß bey trübem Wetter das Thermometer unter Tagen noch immer $\frac{1}{3}$ ſo viel ſteigen kann, als es ſteigt, wenn die Erde von der Sonne unmittelbar beleuchtet und erwärmt wird. Man findet dieſes auch durch die Erfahrung bekräftigt, wenn man abrechnet, was warme oder kalte Winde und Regen an dieſer Regel ändern können. Das Thermometer ſteht auch an trüben Tagen des Nachmittags höher als des Morgens.

§. 288.

Endlich kömmt beym Feuer, so wie bey der Sonne der Einfallswinkel in Betrachtung, weil eine schiefer liegende Fläche weniger Feuer- oder Lichtstralen auffängt, als wenn diese senkrecht auffallen. Dieses macht aber noch nicht alles, weil es besonders in Absicht auf das Sonnenlicht eigentlich auf die Stralen ankömmt, die nicht nur auffallen, sondern in den Körper hineindringen, und dieses ist bey kleinen Einfallswinkeln der geringste Theil. Aus dem 632sten §. der Photometrie erhellet, daß der Logarithmus der eindringenden Lichtstralen in umgekehrter Verhältniß des Quadrates vom Sinus des Einfallswinkels ist. Hieraus läßt es sich nun beurtheilen, was von den oben (§. 218.) erwähnten Versuchen zu halten ist, da man, um die Ausdehnung metallener Stangen zu erforschen, die Stangen, nebst Thermometern an die Sonne legte, und sich einbildete, daß der Grad der Wärme beym Thermometer und den Stangen einerley seyn würde, daß dieses bey Lowitzens Versuch (§. 219.) nicht war, habe ich bereits daselbst aus andern Gründen erweislich gemacht. Der Unterschied der Farbe und der Materie zeigt sich schon beym Thermometer (§. 274—281.) Bey den Stangen kömmt noch der Unterschied der Figur und der Einfallswinkel hinzu, und dann fällt auch die Erkältungs-Subtangente sehr verschieden aus. Man wird hieraus ohne Mühe begreifen, woher es kömmt, daß D. Juan für 10 Reaumurische Grade ganz andere Ausdehnungen der Stangen findet, als er sie an der Sonne erwärmte und im Schnee erkältete. Nach seinen Versuchen dehnten sich 6 Fuß lange Stangen

von			an der Sonne.			im Schnee.
Eisen	:	:	0,266	:	:	0,100 Linien.
Stahl	:	:	0,249	:	:	0,137
Kupfer	:	:	0,390	:	:	0,180
Meßingbleche		:	0,320	:	:	0,210
meßingne Stange		:	0,410	:	:	——

Der Versuch an der Sonne wurde mehrmal wiederholet, und der Erfolg war ziemlich ungleich. Z. E. die Ausdehnung des Kupfers war einmal 0,340, ein andermal 0,440. Man kann nicht sagen, daß dieses von der ungleichen Durchsichtigkeit der Luft herrühre. Denn die zu gleicher Zeit an die Sonne gelegte eiserne Stange dehnte sich beydemal um gleich viel, nemlich 0,266 aus. Vielleicht hatte man auf den Einfallswinkel nicht so genau gesehen. Die Stangen mögten wohl nicht polirt gewesen seyn, hingegen mag das Meßingblech wohl noch einigen Glanz gehabt haben. Ein glänzendes Metall wirft aber mehr Sonnenstralen zurück. Daher scheint auch das Blech weniger als die meßingne Stange erwärmt worden zu seyn. Es läßt sich aber überhaupt aus diesen an der Sonne angestellten Versuchen nichts zuverläßiges schließen. Aus den Versuchen im Schnee sind die

Digitized by Google

in der Tafel (§. 217.) in der 4ten Columne angeſetzten Ausdehnungen hergeleitet. Denn wenn z. B. in der Nähe des Frierpunctes durch 10 Reaumurſche Grade von Wärme ein 6 Fuß langes Eiſen um $\frac{1}{10}$ Linie ausgedehnt wird, ſo beträgt dieſe Ausdehnung $\frac{1}{6720}$ der ganzen Länge. Nun ſind an dem wahren Reaumurſchen Thermometer die Grade des Weingeiſtes denen von Queckſilber gleich (§. 132.) folglich kann die für 10 Grade gefundene Ausdehnung des Eiſens 8fach genommen, die Ausdehnung deſſelben vom Frier- zum Siedepunct gut genug angeben. Es bleibt alſo nur noch der Zweifel, ob das von D. Juan, ſo wie auch die von ſeinen Reiſegefährten Ulloa, Condamine, Bouguer, und Godin gebrauchten Reaumurſchen Thermometer, wahre Reaumurſche Thermometer geweſen ſind. Dieſer Zweifel iſt nicht unerheblich. (§. 132. 217.)

§. 289.

Wenn in der allgemeinen Formel (§. 270.)

$$dy = n\,d\tau - \frac{y\,d\tau}{7}$$

n veränderlich iſt, ſo daß das Feuer- oder die Sonne dem Körper in gleicher Zeit nicht immer gleichviel Wärme mittheilet, ſo kann n mehrentheils als eine Function von τ angeſehen werden, und in ſo fern laſſen ſich in dieſer Formel die veränderlichen Größen leicht abſondern. Man erhält

$$y = \left[\int n\, e^{\tau : 7}\, d\tau + A\right] . e^{-\tau : 7}$$

wo A die nach der vollendeten Integration beyzufügende beſtändige Größe iſt, und gewöhnlich mittelſt des bekannten Werthes von y zur Zeit $\tau = o$ beſtimmt werden kann.

§. 290.

Der einfachſte Fall iſt hier derjenige, wo $n = a + b\tau$ iſt, und folglich die Kraft des Feuers nach arithmetiſcher Progreßion zu oder auch abnimmt. Für dieſen Fall erhalten wir die Integralformel

$$y = a7 - b77 + b7\tau - A.\, e^{-\tau : 7}$$

und wenn für $\tau = o$, $y = Y$ iſt, ſo verwandelt ſich dieſe in

$$y = a7 - b77 + 7b\tau - (a7 - b77 - Y).\, e^{-\tau : 7}$$

Der Körper erwärmt ſich demnach eben ſo als wenn er in einer Luft, deren Wärme $= a7 - b77$ iſt, wäre, und überdies in der Zeit τ die Wärme $b\tau$ erhielte. Wenn demnach der Körper gleich Anfangs ſchon die Wärme $ab - b77$ hätte, ſo würde

$$ab - b77 - Y = o$$

folglich schlechthin nur

$$y = ab - b\gamma + 7b\tau$$

seyn. Seine Wärme würde demnach in arithmetischer Progreßion zunehmen.

§. 291.

Wenn der Grad des Feuers oder der Sonnenwärme so lange beständig gewesen, daß der Körper bereits das Maximum der Wärme erreicht hat, und die erwärmende Kraft fängt von da an größer oder auch kleiner zu werden, so ist $Y = a\gamma$, und dann wird

$$y = a\gamma - b\gamma + b\tau + b\gamma \cdot e^{-\tau : \gamma}$$

oder wenn man $e^{-\tau : \gamma}$ in eine Reyhe auflöset

$$y = a\gamma + \tfrac{1}{2} b\tau^2 - \text{ꝛc.}$$

Man sieht hieraus, daß die Wärme $a\gamma$ Anfangs nicht stark vermehrt wird, dafern nicht b einen sehr großen Werth hat. Uebrigens findet man ähnliche Formeln für die Fälle, wo ein Körper in Luft, Wasser oder einer andern flüßigen Materie erwärmt wird, deren Wärme nicht beständig ist. Denn es sey y die Wärme des Körpers, $a + b\tau$ die von der flüßigen Materie, so wird man $dy = (a + b\tau - y)\, d\tau : \gamma$ haben, woraus $y = a - b\gamma + b\tau - A \cdot e^{-\tau : \gamma}$ folgt, wenn nemlich b beständig ist, oder die Wärme der flüßigen Materie in gleicher Zeit um gleich viel zunimmt. In diesem Fall wird der Körper, wenn er auch Anfangs wärmer als die flüßige Materie gewesen, zuletzt weniger warm seyn.

§. 292.

Wenn man Versuche anstellt, wobey die bisher gegebenen Formeln, anwendbar sind, so hat man zuzusehen, ob nicht das Feuer die umliegenden Körper dergestalt erwärmt, daß selbst die Luft dadurch wärmer wird. Dieses geschieht an sich schon in geschlossenen Zimmern, und eben so auch an der Sonne. Denn da y, Y eigentlich nur den Ueberschuß der Wärme des Körpers über die Wärme der Luft vorstellen, so ist es nöthig über die Veränderung der Luftwärme Rechnung zu tragen. Man hält demnach ein Thermometer zunächst am Schatten der Sonne oder des Feuers, und beobachtet von Zeit zu Zeit dessen Grade, damit man sehen könne, ob, oder wiefern währendes Versuches die Wärme der Luft sich verändert hat. Wird der Körper, welcher den Schatten wirft, von der Sonne oder dem Feuer erwärmt, so muß das Thermometer nicht allzu nahe bey demselben stehen, weil es sonst an dessen Wärme Theil nehmen würde.

Digitized by Google

§. 293.

Bey der Erwärmung am Feuer iſt endlich noch anzumerken, daß das Maximum $n\tau$ (§. 270.) einen gröſsern Grad der Wärme angeben kann, als der Körper auszuhalten fähig iſt. Man kann z. B. Waſſer ſo nahe an das Feuer ſtellen, daß in gleicher Nähe Zinn oder Bley ſchmelzen würde, und dennoch wird das Waſſer höchſtens nur die Hitze des Siedepuncts erlangen, welche viel geringer iſt. (§. 105. 264.) Man ſieht demnach, daß hieben Umſtände vorkommen, welche in den vorhin angegebenen Formeln nicht begriffen ſind, und folglich, wo ſie vorkommen, noch mit in die Rechnung gezogen werden müſſen. Das ſiedende Waſſer iſt in einem gewaltſamen Zuſtande. Es ſteigen aus demſelben eine Menge Blaſen empor, welche, wenn das Waſſer heftig ſiedet, mehr mit Feuertheilchen als mit Luft angefüllt ſind. Damit gehen die Feuertheilchen, ſo zu ſagen, maſſenweiſe aus dem Waſſer weg. Bey geringerer Wärme würde das Waſſer auf der Seite des Feuers wärmer ſeyn und nach der andern Seite zu, ſtuffenweiſe weniger Wärme haben. Aber bey ſolchem Aufwallen breitet ſich die Hitze mit Macht nach allen Seiten aus. Dieſes trägt mit bey, daß deſto mehr Wärme weggeht. Soll demnach die Rechnung auf dieſe Fälle angewandt werden, ſo muß man in der Grundgleichung (§. 270.)

$$dy = n\,d\tau - \frac{y\,d\tau}{\gamma}$$

Die Subtangente γ als veränderlich anſehen, ſo daß ſie deſto kleiner werde, je näher der Grad der Wärme y dem Siedepunct iſt. Da nun das Maximum der Wärme, wenn die Menge Waſſers gegen das Feuer verglichen klein genug iſt, auf den Grad des Siedepuncts trift, ſo kann der kleinſte Werth von γ durch das Maximum $n\gamma$ beſtimmt werden. Denn $n\gamma$ iſt der Ueberſchuß der Wärme des Siedepuncts über der Wärme der Luft, in welcher das am Feuer ſtehende Waſſer erkältet. Der anfängliche Werth von $n\gamma$ reicht aber viel weiter, z. E. bis an den Grad des ſchmelzenden Zinnes, Bleyes ꝛc. je nachdem das Waſſer näher am Feuer ſteht.

Zweyter Abschnitt.

Erwärmung eines Körpers durch einen andern.

§. 294.

Ein erwärmter Körper theilt einem kältern Körpern, der ihn berührt oder auch nur in seiner Nähe ist, einen Theil seiner Wärme mit, und zwar desto mehr, je näher beyde beysammen, und je größer die gegeneinander gekehrte oder auch einander berührende Flächen sind, auch je genauer sie sich berühren. Denn wenn Luft oder auch nur luftleerer Raum zwischen den berührenden Körpern ist, so muß die Wärme erst aus dem einen Körper in die Luft oder in den leeren Raum, und dann aus diesen in den andern Körper. Damit geht es viel langsamer (§. 263. 266.) Ziegler in seinem *Digestor Papini* giebt demnach den Rath, daß wenn man sehen will, ob ein Körper heiß genug sey, um z. E. Bley zu schmelzen, man dieses geschwinder erfährt, wenn man einen bleyern Stift zuerst in Oel taucht, und dann damit den Körper berührt. Dann die Hitze geht durch das, beyde Körper genau berührende Oel viel schneller in das Bley hinüber. Macht man aber beyde berührende Flächen spiegelglatt, so daß sie gleichsam an einander kleben, so geht auch der Uebergang der Wärme besser von statten. Ich merke dieses hier an, weil es in die Bestimmung der Erkältungs-Subtangente einen nicht geringen Einfluß hat.

§. 295.

Da die Wärme sich bey größern Körpern nicht augenblicklich durch dieselben verbreitet, so kömmt man, wenn beyde flüßig und von nicht gar zu ungleicher Schwere sind, am besten fort, wenn man sie zusammen gießet und umrühret. Ich habe bereits oben (§. 56.) erwähnt, daß man solche Mischungen von warmen und kalten Wasser vorgeschlagen hat, um das Thermometer nach gleichen Graden von Wärme einzutheilen. Boerhave ohne sich diese Absicht vorzusetzen, erzählt, daß wenn er gleich viel siedend Wasser und frierendes zusammen mischte, die im kalten noch übrige Wärme gleichsam verloren gieng. Das siedende hatte nemlich 212 Gr., das frierende 32 Gr. Wärme nach dem Fahrenheitschen Thermometer. Der Unterschied ist 180 Grad. Davon sollten 90 in das frierende Wasser über gehen, und 90 in dem so siedend war, blieben, und folglich sollte die Mischung $32 + 90 = 122$ Gr. Wärme erhalten. Boerhave fand nur 90. Kraft stellte den Versuch ebenfalls an und fand nur 108. Wenn man aber nicht auf alle Umstände Acht giebt, so kann man einen jeden beliebigen Grad finden. Man habe z. E. das kalte Wasser in einem Kessel von dickem Metall, das warme in einem Gefäße von dünnem Bleche. Man gieße dieses in jenes, so

Digitized by Google

verliert es schon beym Eingießen einen Theil seiner Wärme. Von der übrigbleibenden theilet es nicht nur dem kalten Wasser, sondern auch dem dicken Metall des Kessels mit. Stellt man sodann ein Thermometer hinein, welches kälter als die Mischung ist, so nimmt das Thermometer selbst noch etwas Wärme weg, und überdies gebraucht es Zeit, ehe das Thermometer die gehörige Wärme erlangt. Inzwischen erkältet die Mischung. Man wird also das, was man suchte, weit verfehlen, besonders wenn man nur wenig Wasser zusammen mischet. Boerhave spricht von einem Pfund. Kraft mag vielleicht mehr genommen haben. Richmann erinnert ausdrücklich, man müsse auf die Gefäße mit Rücksicht nehmen, und so werde man finden, daß der Ueberschuß der Wärme durch die ganze Masse der Mischung vertheilt, in Verhältniß der ganzen Masse zur Masse des wärmer gewesenen Wassers geringer werde. Die umständlichste Versuche hierüber findet man beym *de Luc*. Er setzt aber in der Anwendung, die er davon machet, voraus, daß wenn in gleich viel Wasser doppelt mehr Feuertheilchen sind, die Wärme doppelt größer seyn werde, daran mag wohl nicht viel fehlen. Indessen wenn man gleich viel nach dem Gewichte oder nach dem Raume nimmt, so macht unstreitig die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme hieben einigen Unterschied, welches sich vom Frierpunct bis zum Siedepunct auf den $\frac{1}{15}$ Theil des Ganzen erstrecket. Sodann kann man durch das Wort Wärme die Dichtigkeit der Feuertheilchen verstehen; man kann aber auch ihre Kraft dadurch verstehen, und da muß man erst nachsehen, wiefern Kraft und Dichtigkeit zu gleichen Schritten gehen. Der Unterschied mag geringe seyn. Ich führe dieses aber an, weil Herr *de Luc* gerade auf solche geringe Unterschiede in seinen Versuchen Rücksicht nimmt. Seine Absicht war nicht, die Wärme der Mischung nach dem Thermometer zu schätzen, sondern vermittelst jener die Eintheilung von diesem zu berichtigen.

§. 296.

Solche Mischungen gehen nun bey wässerichten Materien, als Wasser, Wein, Eßig, Weingeist ꝛc. und hinwiederum bey ausgepreßten Oehlen noch gut an, weil sie sich wirklich mischen lassen. Nimmt man hingegen Wasser und Oehl, oder Wasser und Queckſilber, so hilft besonders im letzten Fall das Umrühren nicht viel. Boerhave giebt an, daß drey Theile (gemessen, nicht gewogen) Queckſilber und zwey Theile Wassers zusammen gegossen, eben die Wärme geben, die er bey gleichen Theilen von Wasser gefunden, es mag nun das Queckſilber oder das Wasser wärmer gewesen seyn. Daraus folgt, daß im Wasser drey Feuertheilchen nicht mehr Kraft der Wärme haben, als zwey Feuertheilchen in Queckſilber, wenn nemlich Wasser und Queckſilber gleichen Raum einnehmen. Boerhave sagt übrigens, daß auf sein Begehren Fahrenheit diese Versuche angestellt habe. Barnaart nahm ähnliche Versuche vor, und giebt in Ansehung der Mischungen

von warmem und kaltem Wasser dem Richmann Beyfall. Hingegen bey Wasser und Queckſilber findet er Schwierigkeiten, die er geſchickterm Naturkündigern aufzulöſen überläßt.

§. 297.

Wenn Körper nicht auf die erſterwähnte Art gemiſchet werden, ſondern ſich nur berühren, ſo kömmt dabey der Unterſchied vor, ob einer den andern ganz umgiebt, oder ob die Berührung nur auf einer Seite ſtatt findet. Der erſte Fall iſt einfacher, weil man dabey nur zwo Erkältungs-Subtangenten nöthig hat. Ich werde ihn demnach zuerſt vornehmen, und ſetzen, daß der eingeſchloſſene Körper wärmer ſey, als der ihn umgebende. Hiebey kömmt nun eine doppelte Erkältung vor. Der innere Körper verliert von ſeiner Wärme. Dieſe geht in den äußern hinüber, und endlich aus dieſem in die Luft. Ich ſetze hier, wie in den vorhin betrachteten Fällen, die Körper ſeyn klein genug, daß die Wärme, die ſie erhalten, ſich ſogleich ganz durch dieſelben ausbreite. Iſt nun Anfangs der äußere Körper an ſich ſchon wärmer als die Luft, ſo müſſen wir den Grad der Luftwärme als o anſehen, und von da an die Wärme eines jeden der beyden Körper zählen. Es ſey demnach zu einer beliebigen Zeit τ die Wärme des innern Körpers $= y$, des äußern $= z$, ſo iſt $y - z$ der Ueberſchuß der Wärme vom erſtern. In dem Zeittheilchen $d\tau$ geht aus demſelben ein Theil Wärme dy in den äußern Körper hinüber. Die Erkältungs-Subtangente ſey $= 7$, ſo iſt (§. 258.)

$$-dy = \frac{y-z}{7} \cdot d\tau$$

Und dieſes iſt die erſte Gleichung.

§. 298.

Die Wärme dy, welche in der Zeit $d\tau$ aus dem innern Körper in den äußern übergeht, ändert in denſelben ihren Werth auf eine doppelte Art. Erſtlich die Dichtigkeit, wenn der äußere Körper mehr Größe hat, geſetzt auch, daß er von gleicher Materie ſey. In dieſer Abſicht muß dy in umgekehrter Verhältniß des Raumes vermindert werden, oder vermehrt, wenn der äußere Körper kleiner iſt. Zweytens die Kraft, wenn die Körper nicht von einerley Materie ſind, geſetzt auch, daß ſie von gleicher Größe wären. Denn ich habe vorhin aus Boerhave angeführt, daß z. E. in Queckſilber drey Feuertheilchen nicht mehr Wärme geben, als zwey in Waſſer, (§. 296.) und ſo mögen auch andere Materien andere Unterſchiede geben. Aus beyden Gründen werde ich demnach ſetzen die Wärme, welche in dem innern Körper $= dy$ war, betrage im äußern ſo viel als $m\,dy$. Der Coefficient m muß in jedem Fall durch den Unterſchied der Größe und der Materie beyder Körper beſtimmt werden.

§. 299.

Digitized by Google

§. 299.

Aus dem äußern Körper geht nun auch von seiner Wärme ein Theil in die Luft. Es sey in dieser Absicht dessen Erkältungs-Subtangente $= \theta$, so ist in dem Zeittheilchen dieser weggehende Theil $= z\,d\,\tau : \theta$. Demnach ist die Veränderung, so der äußere Körper in dem Zeittheilchen $d\,\tau$, in Absicht auf seine Wärme leydet, in allem

$$dz = -m\,dy - \frac{z\,d\,\tau}{\theta}$$

Und dieses ist die zweyte Gleichung.

§. 300.

Aus diesen beyden Gleichungen folgt nun, daß y und z die Summe oder Differenz der Ordinaten zwoer logarithmischen Linien ist, die wir durch

$$y = A.\ e^{-\tau : a} + B.\ e^{-\tau : b}$$

$$z = C.\ e^{-\tau : a} + D.\ e^{-\tau : b}$$

vorstellen können, wo a, b die Subtangenten sind, und durch die beyden Wurzeln der Gleichung

$$aa - (7 + \theta + m\theta).\ a + \theta 7 = 0$$

ausgedruckt werden, demnach

$$= \frac{\pm 7 + \theta + m\theta \pm \sqrt{[-\theta 7 + \frac{1}{4}(7 + \theta + m\theta)^2]}}{2}$$

sind. Wenn ferner Y, Z die Wärme der Körper für $\tau = 0$ vorstellen, so findet sich

$$C = \frac{a - 7}{a} \cdot A.$$

$$D = \frac{b - 7}{b} \cdot B.$$

und

$$A = \frac{(7 - b)\,a\,Y + abZ}{(a - b)\,7}$$

$$B = \frac{(a - 7)\,b\,Y - abZ}{(a - b)\,7}$$

Digitized by Google

§. 301.

Ich habe in dem zweyten Bande von den *Actis helvet.*, welcher 1755. herausgekommen, denjenigen Fall besonders vorgenommen, und mit einem Versuche verglichen, wo der äußere Körper vielmal größer als der innere war. Ich stellte nemlich ein Thermometer in eine Schüssel voll warmen Wassers, die Schüssel selbst aber auf ein Gestelle von Drat. Denn wenn ich es unmittelbar auf den Tisch gestellt hätte, so würde der Tisch erwärmt worden seyn, und die Erkältung des Wassers würde einem ganz andern Gesetze gefolgt haben, als demjenigen, zu dessen Bewährung ich den Versuch anstellete. Der Erfolg gab auch, daß nur in den ersten Minuten einige Unterschiede von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ Grad vorkamen, von da an aber der Unterschied der Erfahrung und Berechnung nie ein $\frac{1}{10}$ Grad betrug, sondern mehrentheils noch geringer war.

§. 302.

Von den zwoen logarithmischen Linien, deren Ordinaten zusammen addirt oder von einander abgezogen, die Grade y, z angeben, nähert sich die eine gewöhnlich, so schnell ihrer Asymptote, daß nach Verfluß von einigen Minuten, die andere so viel als ganz allein bleibt. Ich habe mich auch an erst angezogenem Orte bereits schon des daher rührenden Vortheiles bedient, um die Formeln leichter auf den Versuch anzuwenden.

§. 303.

Es verdient ferner angemerkt zu werden, daß die anfänglichen Grade der Wärme Y, Z ein solches Verhältniß unter sich haben können, daß dieses Verhältniß während der Erkältung beständig eben dasselbe bleibt, und folglich durchaus $Y : Z = y : z$ ist. Die Erkältung, sowohl des innern als des äußern Körpers folgt sodann nach den Ordinaten einer einigen logarithmischen Linie ganz einförmig. Diesem Zustande nähert sich auch die Erkältung in den übrigen Fällen immer mehr.

§. 304.

Den 26sten Brachmonat 1772. stellte ich ein Queckſilberthermometer in ein cylindrisches Gefäßchen von dünnem Messing, welches auf Füßen von gleichem Bleche stund, und folglich den Tisch nicht unmittelbar berührte. Das Thermometer zeigte den 23sten Reaumurschen Grad der Wärme und füllete $\frac{67}{1073}$ Theile vom Raume des Gefäßchens aus. Ich goß sodann siedend Wasser darauf, bis das Gefäßchen ganz voll war, jedoch ohne im geringsten zu verweilen. Sogleich beobachtete ich auch die Zeit und das Steigen des Thermometers, und fand

Digitized by Google

2 St. 5'. 30''	23,0	2 St. 9'. 0''	43,1	2 St. 13'. 0''	36,0
45	48,5	15	42,5	13. 30	34,7
6. 0	52,0	30	42,0	14 0	34,7
15	50,5	45	41,6	15. 0	33,5
30	50,0	10. 0	41,1	16. 0	32,2
45	49,4	15	40,5	17. 0	31,6
7. 0	48,6	30	40,0	18. 0	30,8
15	47,9	45	39,6	19. 0	30,0
30	47,0	11. 0	39,1	20. 0	29,3
45	46,2	15	38,7	25. 0	26,7
8. 0	45,6	30	38,3	30. 0	25,0
15	44,9	45	37,9	35. 0	22,7
30	44,2	12. 0	37,4	49. 0	22,0
45	43,6	30	36,5	3.45.0	20,6

Das Queckſilber fiel hier zuletzt wirklich tiefer als die Luft im Zimmer warm war. Es ſcheint dieſes aus gleichem Grunde, wie bey dem oben (§. 281.) erzählten Verſuche von Benetzung der Thermometerkugel mit Waſſer herzurühren. Ich habe nun den gegenwärtigen Verſuch angeſtellt, um etwas näher zu ſehen, was es mit dem Coefficienten m (§. 298.) für eine Bewandtniß hat. Man ſieht aus den Zahlen der Tafel, daß das Thermometer ſchon in der erſten halben Minute, das Maximum ſeiner Wärme erreicht hatte, und von da anfieng ſehr langſam zu erkälten. Dieſes Maximum der Wärme des Thermometers war nun der in dem Waſſer noch übrig gebliebenen Wärme gleich. Denn ſonſt würde das Queckſilber noch ferner geſtiegen ſeyn oder bereits ſchon zu fallen angefangen haben. Nun war das Waſſer Anfangs ſiedend, folglich deſſen Wärme 80 Grad. Von dieſen gehen etwa 2 Grade ab, weil währender erſten halben Minute etwa ſo viel in die Luft aus dem Waſſer übergiengen. Hätte das Waſſer dieſe zween Grade behalten, ſo würde auch die gröſte Wärme des Thermometers um ſo viel gröſſer geweſen ſeyn. Wir können ſie demnach auf 54 Gr. ſetzen. Das Thermometer iſt demnach 54 — 23 = 31 Gr. geſtiegen. Und eben ſo viele Grade hatte das Waſſer noch übrig, da es Anfangs 80 — 23 = 57 Grad hatte. Man ſetze, daß in gleichem Raume Waſſers und Queckſilbers zu 1 Grad Wärme w und q Feuertheilchen erfordert werden. Da nun der Raum des Waſſers ſich zu dem vom Queckſilber, wie 42 zu 61 verhielt, ſo waren Anfangs im Waſſer 42. 57 w Feuertheilchen: Und dieſe vertheilten ſich zur Zeit der gröſten Erwärmung des Thermometers ſo, daß im Waſſer 42. 31. w blieben, und 61. 31. q in das Thermometer hinüber gezogen waren. Demnach haben wir

$$42.57.w = 42.31.w + 61.31.q$$

Digitized by Google

Hieraus folgt

$$26.42.w = 31.61.q$$

oder

$$4w = 7q$$
$$w : q = 7 : 4$$

Das will also sagen, daß 4 Feuertheilchen im Queckſilber eben ſo viel Wärme geben als 7 Feuertheilchen im Waſſer, wenn nemlich Waſſer und Queckſilber gleiches Maaß haben.

§. 305.

Im Heymonat 1765 ſtellte ich ein Queckſilberthermometer, ſo 30 Grad Wärme hatte, in Waſſer, welches 18 Grad Wärme hatte. Es fiel in demſelben ſehr ſchnell, bis auf den 21ſten Grad, und von da an, ſehr langſam. Das Queckſilber hatte demnach dem Waſſer $30 - 21 = 9$ Grad Wärme mitgetheilt, und nur $21 - 18 = 3$ behalten. Und doch hatte es nun mit dem Waſſer gleiche Wärme, nemlich eben dieſe 3 Grade. Nun war der Raum des Queckſilbers zu dem vom Waſſer, wie 35 zu 59. Hier war demnach

$$(30 - 18).35.q = 3.59.w + 3.35.q$$
$$105q = 59w$$

welches

$$w : q = 105 : 59$$

oder beynahe wiederum $= 7 : 4$ giebt.

§. 306.

Den 31ſten Jenner 1766. ſtellte ich ein Weingeiſtthermometer, welches 30 Grad Wärme hatte in Queckſilber von 15 Grad Wärme, welches ich in einem Cylinder von dünnem Chartenpapier hatte, der den Tiſch nicht berührte. Der Weingeiſt fiel ſehr ſchnell bis zum 23ſten Grad, von da an aber ſehr langſam. Der Raum des Weingeiſtes war zu dem vom Queckſilber, wie 143 zu 202. Wenn demnach für den Weingeiſt v vorſtellt, was in Anſehung des Waſſers w war, ſo haben wir hier

$$(30 - 15).143v = (23 - 15).(143v + 202.q)$$

folglich

$$1001.v = 1616.q$$

oder beynahe

$$v : q = 21 : 13.$$

§. 307.

Den 28ſten Auguſt 1767. ſtellte ich ein Weingeiſtthermometer, welches 29,3 Grad Wärme hatte, in Waſſer von 17 Grad Wärme. Es fiel in dem-

Digitized by Google

selben sehr schnell, bis zum 20,5 Grad, von da an aber sehr langsam. Der Raum des Weingeistes war zu dem vom Wasser, wie 285 zu 581. Demnach haben wir

$$(29,3-17).\ 286\ v = (20,5-17).\ (285\ v + 867.\ w)$$

folglich sehr nahe

$$v : w = 4 : 5.$$

§. 308.

Aus diesen Versuchen folgt nun überhaupt, und nach Abgleichung der bey solchen Versuchen nicht wohl zu vermeydenden kleinen Fehler, daß 4 Feuertheilchen im Quecksilber, 6 im Weingeiste, und 7 im Wasser gleiche Wärme hervorbringen, wenn nemlich von diesen Materien ein gleiches Maaß genommen wird. Die Verhältniß 4 : 7 ist von 2 : 3, welche Boerhave angiebt, (§. 296.) wenig verschieden. Boerhave giebt übrigens die Sache nur überhaupt an, um zu zeigen, daß man diesen geringen Unterschied nicht erwartet hätte. In der That sagt auch DESAGULIERS, daß bey gleicher Wärme im Quecksilber so viele Feuertheilchen seyn als in $13\frac{1}{2}$mal mehr Wasser. Das Quecksilber ist so vielmal schwerer oder dichter. Und damit glaubt DESAGULIERS, die Dichtigkeit der Feuertheilchen nehme mit der Dichtigkeit der Körper zu. Das folgt nun eben nicht. Man könnte ganz im Gegentheil schließen, daß, weil ein dichterer Körper mit seiner eigenen Materie den Raum mehr ausfüllet, er den Feuertheilchen eben dadurch weniger Raum übrig lasse. Es folgt aber auch dieses nicht, weil es gar nicht ausgemacht ist, daß aller Raum, den die eigenthümliche Materie eines Körpers nicht ausfüllt, von Feuertheilchen ausgefüllt sey. DESAGULIERS führet übrigens sein Vorgeben als einen Versuch an, den er vor der K. Societät zu London angestellt habe. Er goß eine Pinte Quecksilber, das die Wärme des Siedepuncts hatte, in $13\frac{1}{2}$ Pinten kalt Wasser, und zugleich goß er eine Pinte siedend Wasser in eine Pinte kalt Wasser. In beyde stellte er Thermometer, und diese zeigten nach Verlauf von einer halben Minute einerley Grad. Nun hält eine Pinte ungefähr 29 Pariser Cubic-Zoll, folglich $13\frac{1}{2}$ Pinte $391\frac{1}{2}$ Cubic-Zoll. Und die Wärme des Quecksilbers soll sich in einer halben Minute schon ganz durch diese $391\frac{1}{2}$ Cubic-Zolle Wassers verbreitet, auch das Thermometer schon ganz die Wärme angenommen haben. Das ist nicht wohl zu glauben. In meinen vorhin angeführten Versuchen hatte das Gefäßchen nie einen ganzen Cubic-Zoll Raum, und doch brauchte es eine halbe Minute Zeit, bis die Wärme gleich vertheilt war. In dem in den *Actis helvet.* beschriebenen Versuche, wo ich ein Thermometer in eine Schüssel voll warmen Wassers stellte, vergiengen 7 ganzer Minuten, ehe das Thermometer sein Maximum erreichte, das will sagen, mit dem erkältenden Wasser gleiche Wärme hatte. Vermuthlich

war beym *Desaguliers* die Kugel des Thermometers nahe beym Queckſilber. Denn ſo konnte ſie erwärmt werden, ehe die Wärme ſich durch den ganzen Raum des Waſſers verbreitete, und dadurch in jedem Theile ſchwächer wurde. P. Herbert hat gefunden, daß im Queckſilber und Baumöl gleich viel Feuertheilchen gleiche Wärme geben.

§. 309.

In dem erſten der hier angeführten Verſuche, (§. 304.) verurſachte die ſehr kurze Zeit von 30 Secunden, in welchen das Thermometer ſein Maximum erreichte, gleich Anfangs eine kleine Unrichtigkeit, die in der Bewegung der Wärme aus dem Waſſer in das Thermometer, und aus dieſem wieder zurück, eine Oſcillation anzeigt. Man kann dieſes deutlich ſehen, wenn man die Zeiten als Abſciſſen, und die Grade des Thermometers, auch nur über dem 48ſten, als Ordinaten conſtruirt. Es iſt aber dieſe Oſcillation auch ſchon in den Zahlen ſelbſt ſichtbar. Das Thermometer ſtieg bis zum 52ſten Grade. Von da an ſollte es Anfangs langſam, dann etwas ſchneller, und dann nach und nach immer langſamer fallen. Es fiel aber von 52 auf $50\frac{1}{2}$, folglich $1\frac{1}{2}$ Grad in den nächſten 15 Secunden. In den nächſtfolgenden fiel es nur $\frac{1}{2}$ Grad, und dann 0, 6; 0, 8 ꝛc. Dieſes zeigt, daß die Wärme mit ſolchem Nachdruck in die Kugel des Thermometers drang, daß die Feuertheilchen eine Geſchwindigkeit erhielten, mit welcher ſie den ganzen Diameter der Kugel durchliefen, anſtatt, daß ſie ſich in der Mitte hätten aufhäufen ſollen, wobey die Kugel langſamer, zugleich aber auch einförmiger würde erkältet worden ſeyn. Dieſer Umſtand macht nun, daß die vorhingegebenen Formeln, wenn man ſie auf den Verſuch anwendet, nicht ganz genau mit demſelben übereinſtimmen, weil die Formeln eine einförmige Erkältung vorausſetzen.

§. 310.

Eine ähnliche Abweichung aber in einem ganz entgegengeſetzten Verſtande, fand ich den 29ſten Jun. 1772. Ich ſtellte ein Queckſilberthermometer in ein Gefäßchen mit Waſſer. Erſteres hatte 73, letzteres 23 Grad Wärme. Das Thermometer fiel folgender maaßen.

Digitized by Google

Zeit.	Thermom.	Unterschied
5St. 6′. 10″	73, 0	
7. 0	35, 0	
30	34, 0	1, 0
8. 0	33, 5	0, 5
30	32, 9	0, 6
9. 0	32, 3	0, 6
30	31, 5	0, 8
10. 0	30, 8	0, 7
11. 0	29, 9	
12. 0	29, 0	
20. 0	24, 0	

Nachdem also das Thermometer Anfangs sehr schnell gefallen war, fiel es sodann sehr langsam, und gleich darauf wiederum etwas schneller, nachgehend fuhr es fort sehr einförmig und ohne merkliche Oscillationen zu fallen. Hier drangen demnach Anfangs die Feuertheilchen mit Macht aus dem Thermometer in das Wasser, fuhren durch dasselbe mit einer merklichen Geschwindigkeit, wurden aber von dem Gefäßchen und der Oberfläche des Wassers wiederum zum Theil gegen die Kugel zurück reflectirt, drangen zum Theil wiederum in dieselbe, und verursachten dadurch, daß die Kugel langsamer erkältete. Es ist auch vermuthlich, daß schon in der ersten Minute solche Oscillationen vorgegangen sind, die aber wegen des schnellen Fallens nicht bemerkt werden konnten. Endlich vertheilten sie sich doch so, daß die fernere Erkältung einförmiger wurde. Wenn man die Zeiten als Abscissen und die Grade des Thermometers über dem 23sten als Ordinaten zeichnet, so fällt diese Oscillation deutlich in die Augen.

§. 311.

Ich habe oben (§. 263.) bereits angezeigt, daß ich bey Queckſilberthermometern die Erkältungs-Subtangente um etwa $\frac{2}{3}$ kürzer gefunden als die von Weingeiſtthermometern, deren Kugeln gleiche Größe haben. Die bisher (§. 304. 308.) angeführten Versuche mögen nun zur Erklärung dienen. Zu diesem Ende bemerke ich, daß, wenn beyde Thermometer in der Luft erkälten, die Feuertheilchen nicht unmittelbar aus dem Weingeiste und dem Queckſilber in die Luft gehen. Sie müssen vorerſt durch das Glas der Kugel ſich den Weg bahnen. Dabey hat nun der Uebergang aus dem Queckſilber und Weingeiſt in das Glas 8 bis 10mal weniger Schwierigkeit als aus dem Glaſe in die Luft (§. 263. 266.) Dieſes macht, daß das Glas die Wärme des Queckſilbers und des Weingeiſtes, wo

nicht vollkommen, doch bis auf einen sehr geringen Unterschied hat. Ist demnach das Queckſilber und der Weingeiſt in beyden Thermometern gleich warm, ſo hat auch das Glas gleiche Wärme. Da ich nun beyde Kugeln von gleicher Größe ſetze, ſo haben ſie auch gleiche Oberflächen. Demnach geht aus dieſen in dem erſten Zeittheilchen $d\tau$ gleich viel Wärme in die Luft. Das will alſo ſagen, aus beyden Gläſern gehen gleich viel Feuertheilchen in die Luft. Und, um ſie zu erſetzen, müſſen auch aus dem Queckſilber und dem Weingeiſte wiederum gleich viel Feuertheilchen in das Glas gehen. Bey dem Verluſte von gleich viel Feuertheilchen, verliert aber das Queckſilber mehr Wärme, weil 4 Feuertheilchen im Queckſilber eben ſo viel Wärme geben als 6 Feuertheilchen im Weingeiſte (§. 308.) Es ſey nun y die Wärme des Queckſilbers und $\eta = y$ die Wärme des Weingeiſtes. Ferner ſeyen 7, θ die Erkältungs-Subtangenten, ſo iſt für das erſte Zeittheilchen $d\tau$. (§. 258.)

$$dy : y = d\tau : 7$$
$$d\eta : \eta = d\tau : \theta$$

Da nun Anfangs $\eta = y$ iſt, ſo haben wir

$$dy . 7 = d\eta . \theta.$$

Nun aber rührt die Verminderung der Wärme dy, $d\eta$ von dem Abgang gleich vieler Feuertheilchen her. Demnach iſt

$$dy : d\eta = 6 : 4$$
$$dy = \tfrac{3}{2} d\eta$$

Dieſes giebt

$$\tfrac{3}{2} 7 = \theta.$$

Die Erkältungs-Subtangente des Queckſilberthermometers iſt demnach zu der von einem gleich großen Weingeiſtthermometer, wie 2 zu 3, alſo um $\frac{1}{3}$ kleiner. Dieſes folgt demnach aus §. 308, wo ich die Verſuche gegeneinander abgeglichen. Aus §. 306. als dem Verſuche ſelbſt folgt $7 : \theta = 13 : 21$, welches der oben (§. 263.) erwähnten Verhältniß 3 : 5 näher kömmt, wiewohl übrigens auch dieſe nur überhaupt angegeben iſt. Denn Weingeiſt und Queckſilber ſind eben auch nicht immer von gleicher Güte. Wir ſehen demnach hieraus, daß der Unterſchied der Subtangenten ſchlechthin nur daher rühret, daß gleich viel Feuertheilchen im gleichem Raume von verſchiedenen Materien nicht gleich viel Wärme verurſachen, und daß dieſe Materien, als in Glas oder überhaupt in einerley Art Gefäße eingeſchloſſen, betrachtet werden. Martine hat übrigens um die verſchiedene Geſchwindigkeit des Erwärmens und Erkältens, das will ſagen, den Unterſchied der Subtangenten zu zeigen, die Materien in offene Gefäße gegoſſen, ſo daß wenigſtens ihre Oberflächen der Luft unmittelbar ausgeſetzt waren. Der größte Theil des Umfanges war aber dennoch von den Gefäßen umſchloſſen. Und

ſo

Digitized by Google

so kann aus seinen Versuchen nicht bestimmt werden, wie die Subtangenten sich ändern, wenn die Materie ihrem ganzen Umfange nach von der Luft berühret wird.

§. 312.

Die bisherige Betrachtungen betreffen solche Körper, wo einer den andern ganz umgiebt. (§. 297.) Berühren sie sich aber nur auf einer Seite, so sind beyde Körper zugleich der Luft ausgesetzt, und so kommen drey Erkältungs-Subtangenten in Erwägung. Da bey allen diesen Rechnungen nur der Ueberschuß der Wärme in die Rechnung kömmt, so werde ich, Kürze halber, die Wärme der Luft = o setzen, und die Körper nur so fern warm nennen, als sie wärmer denn die Luft sind. Zu einer beliebigen Zeit τ sey demnach y die Wärme des wärmern von beyden Körpern, und z die Wärme des andern. Aus jenem gehe nun in dem Zeittheilchen $d\tau$ auf zweyerley Art Wärme weg. Erstlich in die Luft der Theil $y\, d\tau : \gamma$ und in den andern Körper der Theil $(y - z)\, d\tau : \theta$. Hier sind γ, θ die zugehörige Erkältungs-Subtangenten. Wir haben demnach die erste Gleichung

$$-dy = \frac{y.d\tau}{\gamma} + \frac{y - z}{\theta} \cdot d\tau.$$

derjenige Theil, welcher in den andern Körper übergeht, verändert seinen Werth in

$$\frac{y - z}{\theta} \cdot m\, d\tau$$

aus den oben (§. 298.) angeführten Gründen. Da nun dieser Körper ebenfalls der Luft ausgesetzt ist, so verliert er in dem Zeittheilchen $d\tau$ einen Theil seiner Wärme $z\, d\tau : \vartheta$, wo ich durch ϑ die zugehörige Erkältungs-Subtangente verstehe. Wir haben demnach die zweyte Gleichung

$$dz = \frac{y - z}{\theta} \cdot m\, d\tau - \frac{z\, d\tau}{\vartheta}.$$

§. 313.

Aus diesen beyden Gleichungen werden nun ebenfalls, wie oben (§. 300.) zwo Integral-Gleichungen von der Form

$$y = A.\, e^{-\tau : a} + B.\, e^{-\tau : b}$$

$$z = C.\, e^{-\tau : a} + D.\, e^{-\tau : b}$$

Digitized by Google

hergeleitet, so daß die Erkältung oder Erwärmung eines jeden Körpers nach der Summe oder Differenz der Ordinaten zweer logarithmischen Linien geschieht. Die Subtangenten a, b sind die Wurzeln der Quadratgleichung

$$0 = aa + \frac{m\,\gamma\vartheta + \gamma\vartheta + \gamma\theta + \vartheta\theta}{\gamma + \theta + \vartheta\ m}\,a - \frac{\gamma\theta\vartheta}{\gamma + \theta + \vartheta\ m}$$

Man hat sodann ferner

$$\frac{C}{A} = 1 + \frac{\theta}{\gamma} - \frac{\theta}{a}$$

$$\frac{D}{B} = 1 + \frac{\theta}{\gamma} - \frac{\theta}{b}$$

Und wenn Y, Z die anfängliche Wärme oder den Werth von y, z, für $\tau = 0$ vorstellt, so hat man noch die zwo Gleichungen

$$Y = A + B$$
$$Z = C + D$$

so daß hiedurch auch die Anfangs-Ordinaten A, B, C, D bestimmt sind. Diese Formeln begreifen die oben (§. 300.) gegebenen unter sich, so daß man sie daraus herleitet, wenn man γ als unendlich ansieht, und dann γ, θ nennt, was ich hier θ, ϑ genennt habe.

§. 314.

Die hier gebrauchten Subtangenten γ, θ, ϑ, sind nun, überhaupt betrachtet, in gerader Verhältniß des Raumes der Körper, auf deren Erkältung sie sich beziehen, und in umgekehrter Verhältniß desjenigen Theiles ihrer Oberfläche, durch welchen die Feuertheilchen weggehen. Diese Verhältnisse haben indessen nur so fern statt als die Körper klein und regulär genug sind, daß sich die Wärme, die sie erhalten, ohne merklichen Zeitverlust, gleichförmig durch dieselben vertheilet, und die Anfangs vorkommende Oscillation (§. 309. 310) als eine ohnehin geringe Ungleichförmigkeit nicht in Betrachtung gezogen wird.

Digitized by Google

Dritter Abſchnitt.

Erwärmung und Erkältung mehrer Körper unter ſich.

§. 315.

Unter den eben angeführten Bedingungen (§. 314.) kann nun auch überhaupt ein ganzes Syſtem von Körpern betrachtet werden, die einander ganz oder zum Theil berühren, und wo die Wärme aus dem wärmern in die anliegende kältere, und ſo fern ſie die Luft berühren, in die Luft weggeht. Die Anwendung der Rechnung auf dieſen allgemeinſten Fall hat keine Schwierigkeit. Für jeden Körper, ſo fern er wärmer iſt als die anliegende, müſſen ſo viele Subtangenten gebraucht werden, als er anliegende kältere Körper um ſich hat, die Luft mit gerechnet, wenn er auch dieſe berühret. Und da die Wärme, die in die anliegenden kältern Körper übergeht, ihren Werth ändert, (§. 298.) ſo werden dieſe geänderte Werthe, mittelſt eben ſo vieler Coefficienten m, m′, ꝛc. angedeutet. Zieht man nun für ein beliebiges Zeittheilchen d τ die Summe der wegfließenden von der Summe der einfließenden Wärme, in Anſehung eines jeden Körpers ab, ſo erhält man das Differential ſeiner Wärme, und damit eben ſo viele Differential-Gleichungen als Körper ſind.

§. 316.

Dieſe Differential-Gleichungen haben nun, aufs allgemeinſte genommen, folgende Form:

$$d\,x = (a\,x + b\,y + c\,z + \&c).\,d\,\tau.$$
$$d\,y = (e\,x + f\,y + g\,z + \&c).\,d\,\tau.$$
$$d\,z = (h\,x + i\,y + k\,z + \&c).\,d\,\tau.$$
$$\&c.$$

wo x, y, z &c. die Wärme eines jeden Körpers zur Zeit τ vorſtellt, und a, b, c &c. Coefficienten ſind, welche durch die Erkältungs-Subtangenten 7, θ, 9 &c. und die Coefficienten m, m′, m″ &c. beſtimmt werden. Dieſe Differential-Gleichungen ſind nicht immer ſo vollſtändig. Denn wenn z. B. der Körper x den Körper z nicht unmittelbar berühret, ſo wird c = h = o. Alſo fallen oft mehrere Glieder weg. Wenn man aber die Geſetze der Erwärmung und Erkältung des Syſtems vollſtändig will kennen lernen, ſo thut man beſſer, wenn man alle Glieder beybehält.

Digitized by Google

§. 317.

Die Integral-Gleichungen haben nun in eben der Allgemeinheit folgende Form:

$$x = A.e^{-\tau:\alpha} + B.e^{-\tau:\beta} + C.e^{-\tau:\gamma} + \&c.$$

$$y = A'.e^{-\tau:\alpha} + B'.e^{-\tau:\beta} + C'.e^{-\tau:\gamma} + \&c.$$

$$z = A''.e^{-\tau:\alpha} + B''.e^{-\tau:\beta} + C''.e^{-\tau:\gamma} + \&c.$$

&c.

so, daß zu jeder Zeit τ die Wärme in jedem Körper, die Summe oder Differenz der Ordinaten von eben so vielen logarithmischen Linien ist, als Körper sind, und diese Linien für alle Körper einerley Subtangenten α, β, γ &c. haben, und demnach nur in Ansehung der Anfangs-Ordinaten A, A', A'', &c, B, B', B'', &c, C, C', C'', &c, verschieden sind. Dieses ist demnach das allgemeinste Gesetz von der Erwärmung und Erkältung eines Systems von Körpern unter sich, bey den vorhin (§. 314.) erwähnten Bedingungen.

§. 318.

Es sind nun hiebey gewöhnlich die Subtangenten α, β, γ &c. sehr ungleich, und dieses macht, daß endlich von allen den logarithmischen Linien nur noch diejenige beträchtlich bleibt, welche die größte Subtangente hat. Da nun die Wärme sich überhaupt 8, 10 und mehrmal leichter aus einem dichten Körper in einen andern zieht, als in die Luft, (§. 263. 266.) so vertheilt sich auch die Wärme in den Körpern in kurzer Zeit so, daß zuletzt das ganze System überhaupt, und jeder Körper besonders nach den Ordinaten derjenigen logarithmischen Linie erkältet, welche die größte Subtangente hat. Diese ist demnach die Asymptote, welcher sich die Wärme des ganzen Systems und aller einzeln Körper selben immer mehr nähert. Da nun die logarithmische Erkältung, die einförmigste ist, so kann man auch sagen, daß jeder Körper des Systems sich in Absicht auf die Wärme demjenigen Zustande nähert, in welchem er sodann am einförmigsten erkälten kann. Der Anfangs kältere Körper wird von den anliegenden wärmern oft so erwärmt, daß er zuletzt wärmer als diese ist. Und dieses geschieht nothwendig, wenn er mitten im System ist, und von den wärmern Körpern ganz umschlossen ist.

§. 319.

Es ist nun hiebey nicht nothwendig, daß die Körper von verschiedener Materie seyn. Sie können von ein- und eben demselben Stoff seyn. Und selbst

Digitized by Google

ein einzelner durchaus gleichartiger Körper, kann und muß als ein System betrachtet werden, so oft seine Figur sehr irregulär, zackicht, in die Länge gedehnt, ungleich dicke ꝛc. ist. Selbst einen sphärischen Körper muß man sich als in mehrere Schalen getheilt, vorstellen, wenn man der anfänglichen Ungleichförmigkeit seiner Erkältung Rechnung tragen will.

§. 320.

Man sieht nun ferner hieraus, daß was ich im vorhergehenden die Erkältungs-Subtangente eines Körpers genennt habe, (§. 259.) eigentlich die von derjenigen logarithmischen Linie ist, welche ich vorhin (§. 318.) die Asymptote nennete. Und so betrachtet, läßt sich auch für ein ganzes System von Körpern eine Erkältungs-Subtangente gedenken. Sie ist es auch im strengsten Verstande, und durchaus, wenn das System gleich Anfangs in allen seinen Theilen diejenigen Grade von Wärme hat, daß die Wärme in jedem Theile, zu jeder Zeit τ der anfänglichen Wärme proportional bleibt, folglich $x : X = y : Y =$ &c. ist. In andern Fällen vergeht mehr oder minder Zeit, ehe die Erkältung anfängt merklich einförmig (§. 318.) zu werden.

§. 321.

Um nun aber von dieser zur einförmigen Erkältung erforderlichen Vertheilung der Wärme einigen Begriff zu geben, werde ich, statt eines Systems von Körpern, einen einzeln durchaus gleichartigen und sphärischen Körper setzen, und denselben als in concentrische und gleich dicke Schaalen vertheilet ansehen. Die Wärme von innen heraus gerechnet, sey $y, y', y'', y''', y'''',$ &c. Die Subtangente der innersten Kugel sey $= 7$. Da nun die übrigen in gerader Verhältniß des Raumes der Schaalen und umgekehrter Verhältniß der Oberflächen sind, so sind ihre Werthe

$$7.\frac{8-1}{4} = \frac{7}{4}.7$$

$$7.\frac{27-8}{9} = \frac{19}{9}.7$$

$$7.\frac{64-27}{16} = \frac{37}{16}.7$$

$$7.\frac{125-64}{25} = \frac{61}{25}.7$$

&c.

Digitized by Google

Die Wärme, so aus jeder Schaale in die nächst darum liegende übergeht, ändert ihren Werth in umgekehrter Verhältniß der Räume, folglich wie $\frac{1}{7}, \frac{7}{19}, \frac{19}{37}, \frac{37}{61}$ ꝛc. Wir erhalten demnach folgende Gleichungen:

$$-\mathrm{d}\,y = -(y - y')\,\mathrm{d}\,\tau : 7$$
$$-\mathrm{d}\,y' = +\tfrac{1}{7}(y - y')\,\mathrm{d}\,\tau : 7 - \tfrac{1}{7}.(y' - y'')\,\mathrm{d}\,\tau : 7$$
$$-\mathrm{d}\,y'' = +\tfrac{7}{19}\tfrac{1}{7}(y' - y'')\,\mathrm{d}\,\tau : 7 - \tfrac{9}{19}(y'' - y''')\,\mathrm{d}\,\tau : 7$$

&c. bis

$$-\mathrm{d}\,y^n = \frac{n^3-(n-1)^3}{(n+1)^3-n^3}\cdot\frac{n^2}{n^3-(n-1)^3}\cdot\left(y^{n-1} - y^n\right)\mathrm{d}\,\tau : 7 - y^n\,\mathrm{d}\,\tau : \theta.$$

Die letzte Subtangente wird θ gesetzt, weil die Wärme aus der äußersten Schaale in die Luft geht, deren Wärme $= o$ gesetzt wird, weil y, y', y'' &c. nur den Ueberschuß vorstellen.

§. 322.

Nun erfordert die Einförmigkeit der Erkältung, daß durchaus $\mathrm{d}\,y : y = \mathrm{d}\,y' : y' = \mathrm{d}\,y'' : y'' =$ &c. gemacht werden. Setzen wir demnach $\mathrm{d}\,y : \tau = m\,y$, so erhalten wir folgende Gleichungen:

$$m\,7\,y = * + y - y'$$
$$7\,m\,7\,y' = -y + 5y' - 4y''$$
$$19\,m\,7\,y'' = -4y' + 13y'' - 9y'''$$
$$37\,m\,7\,y''' = -9y'' + 25y''' - 16y''''$$

&c.

$$[(n+1)^3 - n^3]\,m\,7\,y^n = -n^2 y^{n-1} + \left[(n-1)^3\frac{7}{\theta} - \frac{n^3 7}{\theta} + n^2\right]y^n - *$$

Da nun hiebey m, 7, θ von der Dicke der Schaale abhängen, und in so fern nach Belieben bestimmt werden können, so habe ich $m\,7 = \frac{2}{3}$ gesetzt, weil dieses die Grenze ist, welcher die Verhältnisse sich immer mehr nähern, ohne daß es nöthig sey, auf die Anzahl der Schaalen Rücksicht zu nehmen. Dadurch erhielt ich

$$y' = * + \tfrac{1}{3}y$$
$$4y'' = y - \tfrac{1}{3}y'$$
$$9y''' = 4y' - \tfrac{1}{3}y''$$
$$16y'''' = 9y'' - \tfrac{1}{3}y'''$$
$$25y^{v} = 16y'''' - \tfrac{1}{3}y''''.$$

&c.

Digitized by Google

oder

$$y' = 0{,}33333.\ y$$
$$y'' = 0{,}22222.\ y$$
$$y''' = 0{,}13992.\ y$$
$$y'''' = 0{,}12208.\ y$$
$$y^{v} = 0{,}08792.\ y$$
$$y^{vi} = 0{,}08397.\ y$$
$$y^{vii} = 0{,}06402.\ y$$
&c.

Dieſes zeigt demnach, überhaupt betrachtet, wie die Wärme von innen nach außen zu geringer ſeyn muß, wenn der ſphäriſche Körper vom Anfange an einförmig erkälten ſoll. Es wird alſo hiedurch näher aufgeklärt, was ich oben (§. 256. 257.) ſchon Voraus erinnert habe. Man ſieht auch leicht, daß bey Körper, die eine weniger reguläre Figur haben, die Vertheilung der Wärme, ſo wie ſie zur einförmigen Erkältung erfordert wird, anders ausfällt.

§. 323.

Dieſe genauere Erklärung deſſen, was eigentlich die Erkältungs-Subtangente iſt, giebt nun ebenfalls zu erkennen, daß die in den vorgehenden Rechnungen durch x, y, z &c. angedeutete Wärme der Körper, entweder die mittlere Wärme oder die Wärme eines ihrer Theile vorſtellt. Iſt z. E. der Körper die Kugel eines Thermometers, ſo deuten ſeine Grade die Summe der Ausdehnungen aller einzeln Theile an, ſo ungleich auch immer die Wärme in der flüßigen Materie, mit welcher die Kugel angefüllt iſt, vertheilt ſeyn mag. Iſt hingegen der Körper ein Gefäß voll Waſſer, und man ſtellt, um deſſen Erkältung zu beobachten, ein Thermometer hinein, ſo wird allerdings das Thermometer nur den Grad der Wärme zeigen, welchen das Waſſer zunächſt an der Kugel hat. An andern Stellen kann das Waſſer eine ſehr verſchiedene Wärme haben. Man begreift auch, daß das Waſſer unbewegt bleiben muß, wenn es ſich dem Zuſtande der einförmigen Erkältung am ordentlichſten und geſchwindeſten nähern ſoll.

Digitized by Google

Vierter Abſchnitt.

Erwärmung mehrerer Körper am Feuer und unter ſich.

§. 324.

Der Fall, den ich hier ebenfalls aufs allgemeinſte betrachten werde, iſt von dem im vorhergehenden Hauptſtücke betrachteten, nur darinn verſchieden, daß man ſetzt, ein jeder Körper des Syſtems erhalte von dem Feuer in jedem Zeittheilchen $d\tau$ einen Grad von Wärme, den wir durch $m\,d\tau$, $m'\,d\tau$ &c. ausdrücken können. Iſt hiebey ein oder der andere Körper dem Feuer nicht unmittelbar ausgeſetzt, ſo wird der Coefficient m, m', m'' &c. für denſelben $= 0$. Die oben (§. 316) gegebene Differential-Gleichungen verwandeln ſich demnach in folgende:

$$dx = (m + ax + by + cz + \&c.)\,d\tau$$
$$dy = (m' + ex + fy + gz + \&c.)\,d\tau$$
$$dz = (m'' + hx + iy + kz + \&c.)\,d\tau$$

§. 325.

So lange nun die Kraft des Feuers gleich bleibt, ſind auch die Werthe von m, m', m'' &c. beſtändig. Und da darf man nur

$$m + ax = a\xi$$
$$m' + fy = fv$$
$$m'' + kz = k\zeta$$
&c.

ſetzen, um dieſe Gleichungen in ſolche zu verwandeln, die den obigen (§. 316.) durchaus ähnlich ſind, und woraus auch ganz ähnliche Integral-Gleichungen gezogen werden. Iſt hingegen die Kraft des Feuers veränderlich, ſo laſſen ſich m, m', m'' &c. als Functionen von τ anſehen, und dann geht das Integriren ſo ganz unbedingt nicht immer von ſtatten.

§. 326.

Der einfachſte Fall iſt, wenn ein langer und durchaus gleich dicker Körper, z. E. eine eiſerne Stange mit dem einen Ende an das Feuer angelegt wird, ſo daß ſie gerade gegen das Feuer gerichtet ſey, und nur auf Füßen von dünnem Drate liege. Dieſe Stange wird alſo nur an dem einen Ende erhitzet. Die Hitze dringt aber nach und nach auch in die entferntere Theile, geht aber auch aus jedem Theile endlich in die Luft weg. Wenn nun das Feuer lange genug mit gleicher Stärke brennt und unterhalten wird, ſo erhält jeder Theil der Stange endlich einen beſtimmten Grad von Wärme, weil er immer wieder ſo viel Wärme von den näher beym Feuer liegenden Theilen erhält, als er den entferntern und der Luft mittheilt. Dieſen Beharrungsſtand werde ich nun eigentlich betrachten.

§. 327.

Digitized by Google

§. 327.

Die Stange ſey C B, der Theil C A liege im Feuer, A D ſey die Wärme in A, und P M, p m, die in P, p. Ich ſetze nnn 6. Figur.

$$A P = x \qquad P M = y.$$
$$P p = dx \qquad M n = d y.$$

Da die Wärme ſich in einem fort von A gegen B zieht, und in $P = y$, in $p = y - d y$ iſt, ſo geht währendem Durchgange von P nach p der Theil d y in die Luft, und dieſer iſt in Verhältniß der Wärme y. Es ſey demnach die Subtangente $P T = 7$, ſo iſt

$$d y : y = d x : 7$$

Da nun das Verhältniß d y : y beſtändig iſt, und d x ebenfalls als beſtändig angeſehen werden kann, ſo iſt auch 7 beſtändig, demnach D M E eine logarithmiſche Linie.

§. 328.

Hier kann nun der Beſchluß der oben (§. 107 — 109. 252. 253.) angefangenen Erzählung deſſen folgen, was Amontons an Newtons Stuffenleiter verſchiedener Grade von Wärme auszuſetzen fand. Newton hatte ſehr hohe Grade von Hitze angegeben. (§. 105. 264.) Da nun Amontons Luftthermometer nur für ſolche Grade eingerichtet war, die geringer waren als der Grad des ſiedenden Waſſers, ſo ſann er auf andere Verſuche, um Newtons Stuffenleiter zu prüfen, oder auch fehlerhaft zu finden. Amontons ſtellte demnach eine dicke eiſerne Stange ziemlich gerade aufgerichtet in ein ſtarkes Kohlfeuer. Als das im Feuer ſtehende Ende glühend war, legte er die Stange horizontal auf dünne Geſtelle, ohne jedoch das glühende Ende aus dem Feuer zu nehmen. Das Feuer wurde noch ferner bey gleicher Stärke erhalten. Nun ſuchte Amontons die Stellen an der Stange, wo ſie gerade die Hitze hatte, welche nöthig war, um z. E. Wachs, Zinn, Bley ꝛc. zu ſchmelzen, Waſſertropfen zum Sieden zu bringen ꝛc. Die niedrigere Grade hatte er bereits, mittelſt ſeines Luftthermometers beſtimmt, und dieſe legte er nun zum Grunde, um mittelſt der Stange auch die größern zu beſtimmen. Zu dieſem Ende ſetzte er voraus, daß die Wärme des Eiſens in arithmetiſcher Progreſſion abnimmt, das will alſo ſagen, daß die Linie D M E eine gerade Linie ſey. Auf dieſe Art fand nun Amontons für ſchmelzend Zinn, Bley ꝛc. glühend Eiſen ꝛc. ſolche Grade, die von den Newtonſchen, wenn ſie auf einerley Maasſtab gebracht werden, um ſehr viel verſchieden ſind.

§. 329.

Ungeachtet nun der Umſtand, daß Amontons eiſerne Stange Anfangs im Feuer aufgerichtet gehalten, und erſt nachdem das Ende C A glühete, horizontal gelegt wurde, ſeinen Verſuch weniger einfach machet, als er ſeyn würde, wenn

die Stange gleich Anfangs wäre gelegt worden, so mag doch der daher rührende Umstand nicht sehr viel auf sich haben. Denn auch in der stehenden Stange konnte die Wärme von A nach B logarithmisch abnehmen, aber merklich weniger als wenn sie horizontal liegt, weil die Wärme sich gern aufwärts zieht. Indessen gieng immer so viel Zeit vorbey, daß die mehrere Hitze, nachdem die Stange gelegt worden, in die Luft weggehen konnte. Und so konnte die Anfangs längere Subtangente die Kürze erhalten, die der liegenden Stange angemessen ist, ehe die übrige Vorbereitung zu den Versuchen gemacht war. Amontons hat nun die Distanzen A P angegeben, die er für die vorerwähnte Grade der Hitze gefunden. Seine Voraussetzung als wäre D M E eine gerade Linie, gab ihm solche Grade an, die mit den von Newton angegebenen gar nicht übereinstimmten. Es blieb mir also zu sehen, ob Newtons Grade mit der eigentlich logarithmischen Linie D M E mehr übereinstimmen würden.

§. 330.

Ich zeichnete demnach Amontons Distanzen als Abscissen, und Newtons Grade als Ordinaten, und fand, indem ich durch die Endpuncte der Ordinaten eine krumme Linie zog, daß diese Linie sehr logarithmisch aussahe, und nur bey den Graden von schmelzendem Zinn und schmelzender Butter eine etwas merkliche Abweichung statt fand. Ich drückte die Distanzen, welche Amontons in Pariser Zollen und Linien angegeben hatte, in Linien aus, und nahm Newtons Grade oder in deren Ermangelung anderweit bekannte Grade nach der Fahrenheitschen Stuffenleiter aus der im 105ten und 264sten §. gegebenen Tafel. Ich legte die Grade des schmelzenden Bleyes und schmelzenden Wachses zum Grunde, und fand die Formel

$$y = 97 + 1065 \cdot e^{-x : 116{,}3}$$

so daß die Subtangente P T = 116,3 Linien ist, und 97 den Grad der Luftwärme vorstellt. Dadurch erhielt ich folgende Tafel:

x Linien nach Amontons.	Fahrenheit. Grad. nach der Formel.	Eben dieselbe nach Newton ꝛc.	
0	1162	——	weißglühend Eisen.
54	765	——	dünnes Glas schmelzt.
102	540	540	Bley schmelzt.
132	439	413	Zinn schmelzt.
144	406	395	Loth von 3 Th. Bley u. 2 Th. Zinn schmelzt.
264	207	212	Wasser siedet.
368	142	142	Wachs schmelzet.
485	113	111	Unschlitt schmelzt.
504	111	83	Butter schmelzt.

Digitized by Google

§. 331.

Man sieht also hieraus, daß Amontons keine Ursache hatte, Newtons Grade für so sehr fehlerhaft anzugeben, als er gethan hat. Amontons weißglühendes Eisen kömmt mit Newtons starker Hitze des Holzfeuers (§. 264.) sehr nahe überein. Beym siedenden Wasser bleibt Amontons zurück, und bey schmelzender Butter giebt er zu viel an.

§. 332.

Die Subtangente P T ändert sich, wenn die Stange dicker ist. Amontons sagt nun, daß seine Stange 59 Zoll = 708 Linien (Pariser Maaß) lang war, und 30 Pfund (Markgewicht) wog. Der körperliche Raum betrug demnach 93 Cubic-Zolle, und die Dicke $\frac{93}{59} = 1,57$ Quadratzolle. Wenn demnach die Stange so breit als dick sollte gewesen seyn, so würde die Breite und Dicke $\frac{4}{3}$ Zoll oder 1,26 Zolle betragen haben, und die Stange 47mal länger gewesen seyn als sie breit oder dick war. Da nun die Länge der Subtangente 116,3 Linien = 9,692 Zoll betrug, so macht dieses unter eben der Bedingung so viel als 7,7 Breiten. Es bleibt aber hiebey eine Ungewißheit, weil Amontons nicht sagt, wie seine Stange ausgesehen.

§. 333.

Wenn die Breite einer solchen Stange = a, die Dicke = b gesetzt wird, so ist bey gleicher Materie die Subtangente P T, in Verhältniß von $\frac{a\,b}{2\,(a+b)}$, so daß wir

$$7 = \frac{n\ a\ b}{2\ (a\ +\ b)}$$

setzen können. Dieses giebt $7 = \frac{1}{4}\,n\,a$, wenn a = b ist.

§. 334.

Ist die Stange circulrund, und ihr Diameter = a, so ist der Umkreis = π a, der Flächenraum = $\frac{1}{4}\,\pi\,a\,a$, und demnach

$$7 = \frac{\frac{1}{4}\,n\,\pi\,a\,a}{\pi\ a} = \frac{1}{4}\,n\,a.$$

Dieser Werth kömmt also mit dem vorhergehenden, wo a = b ist, überein.

§. 335.

Man sieht zugleich, daß wenn die Stange nicht nach der ganzen Länge gleich breit und gleich dick ist, die Subtangente 7 = P T einen veränderlichen Werth erhält, und D M E, sodann aufhöret, eine logarithmische Linie zu seyn. Es kommen aber alsdann noch andere Umstände hinzu. Denn wenn z. E. die

Digitized by Google

Stange am Feuer dicker ist und gegen das andere Ende dünner wird, so muß die Wärme, indem sie gegen dieses Ende fortrücket, sich in einen engern Raum zusammendrengen.

§. 336.

Den 17ten Hornung 1777. nahm ich einen Meßingdrat, der 110 Linien Rheinl. lang war und 382 Gran Berliner Gewicht wog. Seine ganze Länge betrug 60 von seinen Diametern. Ich legte das eine Ende desselben in die Flamme eines Lampenlichtes, und den Drat horizontal auf ein Gestelle von dünnem Drate. Als die Hitze der Flamme in Zeit von einigen Minuten sich durch den Drat verbreitet hatte, und im Beharrungsstand war, so daß z. E. Wachs in der größten Entfernung von der Flamme schmolz, so suchte ich die Puncte auf, wo verschiedene Materien flüßig wurden. Ein klein Körnchen Bley schmolz zunächst an der Flamme. Ich bemerkte den Punct, und von demselben an, maaß ich in Diametern des Drates die Distanzen der übrigen Puncte. Wachs schmolz in einer Entfernung von 28 Diametern. Nun legte ich die Grade des schmelzenden Bleyes und Wachses zum Grunde, und construirte die logarithmische Linie, die mir sodann die übrigen Grade der Wärme angab. Die Subtangente P T fand ich von 16 Diametern. Da sie also über doppelt größer als bey Amontons ist so giebt dieses Ursache zu vermuthen, es möchte Amontons Stange nicht viereckigt, sondern ziemlich platt gewesen seyn. Die Construction gab mir nun folgendes an:

Distanzen x in Diam. des Drates.	Fahrenheitsche Grade.	
0,0	540	schmelzend Bley.
3,2	463	schmelzender Wismuth.
5,5	412	schmelzend Zinn.
16,2	240	schmelzend Geigenharz.
16,9	228	schmelzend Sigellack.
18,5	212	siedend Wasser.
21,5	185	siedender Weingeist.
28,0	142	schmelzend Wachs.

Das Sigellack war an sich etwas leichtflüßig. Und da nach diesem Versuche seine Wärme nicht viel größer als die von siedendem Wasser ist, so legte ich es in einen Theelöffel, welchen ich voll Wasser über einem Wachslichte hielt. Das Wasser war stark siedend, ohne daß das Sigellack, auch wenn es nur ein klein Körnchen und ganz im Wasser war, schmolz. Als ich es aber an den Löffel andrückte, blieb etwas Lack daran kleben. Ich schloß hieraus, daß der Löffel dem Lacke etwas mehr

Digitized by Google

Wärme als dem Waſſer mitgetheilt habe, und da der Unterſchied nicht viel austragen kann, ſo konnte ich mich dadurch verſichern, daß das Lack zum Schmelzen nur wenige Grade von Wärme mehr gebrauche, als das Waſſer zum ſieden. An einem etwas dünnern Eiſendrat fand ich den Abſtand des ſchmelzenden Wachſes vom ſchmelzenden Bley ebenfalls von 28 Diametern des Drates, und konnte daraus urtheilen, daß der Unterſchied zwiſchen Eiſen und Meßing die Subtangente P T wenig oder gar nicht verändere. Uebrigens verſteht es ſich, daß während ſolcher Verſuche die Luft gleich warm bleiben und ſtille ſeyn muß. Der Wind erkältet das Eiſen, und die Grade ſind allemal nur ſo zu nehmen, daß die Wärme der Luft = o geſetzt wird. Ich habe den Verſuch mit dem Meßingdrat, auch bey einer Lampe wiederholet, worinn ich, anſtatt des Oehles, Weingeiſt brennte. Ich erhielt dadurch den Vortheil, daß der Drat wenig oder gar nicht mit Ruß bedeckt wurde. Hingegen brennte die Flamme viel ungleicher und fackelnder als die vom Baumöhle.

§. 337.

Man ſieht hieraus, daß eine ſolche Stange als ein Thermometer und Pyrometer gebraucht werden kann. Leidenfroſts Waſſertropfen (§. 237.) können daran ſehr genau geprüft werden, wenn man ſie von gleicher Größe machet. Der Verharrungsſtand dauert ſo lange fort, als das Feuer bey gleicher Stärke unterhalten wird. So lange bleibt auch die Wärme in jedem Punct beſtändig, ſo ſehr ſie auch von Punct zu Punct verſchieden iſt. Die Frage von beſtändigen Graden der Wärme, die bey den Chemiſten ſo oft vorkömmt, kann alſo hiedurch eine gute Aufklärung erhalten, weil man hier alle Grade zugleich und einen jeden beſtändig haben kann, und zwar bloß dadurch, daß man das Feuer in beſtändig gleichem Grade erhält. Für geringere Grade kann man ſich, ſtatt des Eiſens, einen langen Canal voll Waſſer, Sand, Oel ꝛc. gedenken, welcher am einen Ende vom Feuer erwärmt wird. Die Wärme wird von da an, bis an das andere Ende logarithmiſch abnehmen. Und iſt der Canal oben offen, ſo hat man Waſſer- Sand- Oehl- Aſchen- Feilſtaub ꝛc. Bäder von ſo viel beſtändigen Graden der Wärme als man immer will. Man thut aber gut, wenn man in den mit Waſſer gefüllten Canal Scheidwände ſetzt, und ihn dadurch in mehrere gleiche Fächer abtheilet, damit nicht die etwa im Waſſer entſtehende Bewegung die Stuffen der Wärme in Unordnung bringe.

§. 338.

Die hier vorgetragene Theorie breitet nun auch über Muſchenbroeks Pyrometer, ſo fern es die Stange deſſelben durch eine oder mehrere Flammen von Lampen erwärmte, ein mehreres Licht aus. Muſchenbroek nahm ſich vor zu ſehen, ob die Ausdehnung der Stange der Anzahl der Flammen proportional ſeyn würde. Aus ſeinen Verſuchen ſchloß er das Gegentheil. Er fand nemlich folgende Ausdehnungen gleich langer Stangen von verſchiedenen Metallen.

Digitized by Google

	Eisen.	Stahl.	Kupfer.	Meßing	Zinn.	Bley.
Eine Flamme in der Mitte.	80	85	89	110	153	155
Zwo Flammen : :	117	123	155	220		274
Drey Flammen : :	142	168	193	275		
Vier Flammen : :	211	270	270	361		
Fünf Flammen : :	230	310	310	377		
Zwo Flammen, die 2½ Zoll v. einander entfernt waren.	109	94	92	141	219	263

§. 339.

Muschenbroek sagt nun, daß diese Zahlen das Mittel aus mehrern Versuchen sind, und daß diese mehrere Versuche höchstens 5 Grade von einander abgiengen. Dieses ist in der That sehr wenig, wenn man bedenkt, wie es nicht leicht ist, den Flammen immer gleiche Größe und Stärke zu geben, dafern man sie nicht aus der Wirkung selbst bestimmt; welches aber hier nicht hat seyn sollen. Nun gehen z. E. bey dem Eisen 80, 117, 142, 210, 230. mit der Anzahl der 1, 2, 3, 4, 5 Flammen nicht nur nicht zu gleichen Schritten, sondern bleiben sehr stark zurück. Ich sehe aber in diesen Zahlen noch nicht klar genug, deswegen habe ich die Anzahl der Flammen 0, 1, 2, 3, 4, 5 als Abscissen, und die Ausdehnungen des Eisens 0, 80, 117, 142, 210, 230 als die zugehörigen Ordinaten in der 7ten Figur gezeichnet. So sahe ich nun klar genug, daß die Endpuncten der Ordinaten 0, a, b, c, d, e eine noch ziemlich irreguläre Lage hatten, und daß es der Natur der Sache gemäßer ist, wenn man setzt, daß sie eigentlich in der punctirten Linie 0 A liegen sollten. Diese geht nothwendig durch den Punct 0, weil, wo keine Flamme ist, auch keine daherrührende Ausdehnung statt findet. Sodann habe ich diese Linie unter a und über c durchgezogen, weil a offenbar zu hoch und c zu tief liegt. Nach dieser Linie sind nun die Ausdehnungen 7. Fig.

von 0	Flammen	: : :	0 Gr.
— 1	—	: : :	58 —
— 2	—	: : :	114 —
— 3	—	: : :	162 —
— 4	—	: : :	208 —
— 5	—	: : :	248 —

Diese Zahlen kommen nun derjenigen Regularität schon näher, welche die Versuche hätten angeben sollen, aber wegen der dabey unvermeydlichen kleinen Fehler nicht angegeben haben.

Digitized by Google

§. 340.

Auf eben diese Art zeichnete ich die 8te Figur für den Stahl, die 9te für das Kupfer, und die 10te für das Meßing nach eben dem Maaßstabe. Vergleicht man diese 4 Figuren, so sieht man offenbar, daß die Puncte a, b, c, d, e in einer jeden eine eigene Irregularität haben, und daß diese Irregularität nicht von der Natur der Sache, sondern von den bey solchen Versuchen unvermeidlichen kleinen Fehlern, die ohne Unterschied bald zu viel, bald zu wenig geben, herrühret. Indessen konnten die 4 punctirten Linien o A nicht ohne allzumerkliche Abweichung ganz gerade gezogen werden. Sie kehren daher alle ihre hohle Seite gegen die Abscissenlinie, und dieses zeigt, daß in der That die Ausdehnung nicht ganz nach Verhältniß der Anzahl der Flammen größer wurde. Es folgt aber auch nicht, daß dieses hätte seyn sollen. Denn vorerst muß untersucht werden, ob die verschiedene Lage der Flammen es zuließe, daß eine jede, auch wenn sie alle gleiche Stärke hatten, die Stange um gleich viel hat erwärmen können. Zu dieser Untersuchung dient nun die vorhin vorgetragene Theorie, wenigstens in so fern, als die Umstände der Versuche bekannt sind. 9. 8. 10 figur.

§. 341.

Zu diesem Ende habe ich in der 11ten Figur die Stange A B, die Lampe C D, nebst den fünf Flammen und ihren Dachten I, II, III, IV, V nach ihrer wahren Größe und Lage so gezeichnet, wie sie von der Seite betrachtet aussähen, und oben auf der Stange rheinländische Zolle und deren Decimaltheile angemerkt. Die Stangen waren sämmtlich 5, 8 Zoll lang, und o, 3 Zoll breit und hoch. Sie waren demnach nur etwa 19mal länger als breit oder hoch, und dieses konnte beytragen die Subtangente zu verkürzen, weil, wenn z. E. die Lampe I allein brannte, das Ende der Stange in A und B nicht sehr warm seyn konnte. Wenn Muschenbroek die Puncte bemerkt hätte, wo etwa Wachs schmolz, Wassertropfen zu sieden anfiengen ꝛc. so würde die wahre Länge der Subtangente noch so ziemlich bestimmt werden können. Ich werde sie inzwischen unbestimmt = 7 setzen, und nun sehen, was jede Flamme besonders zu leisten fähig ist. 11. Figur.

§. 342.

Es sey demnach Y die Hitze der Stange gerade über der angezündeten Flamme, x der Abstand eines beliebigen Puncts von diesem Orte, so giebt für die Wärme y der Stange in der Distanz x, die logarithmische Abnahme der Wärme die Gleichung

$$y = Y. e^{-x:7}$$

folglich die Summe der Wärme in der ganzen Länge x

$$-\int y\,dx = 7\,Y. e^{-x:7} - 7\,Y$$

Digitized by Google

Es sey nun die Entfernung der Flamme vom Ende A, $= a$, vom Ende B, $= b$; so ist die Summe der Wärme in der ganzen Stange

$$S = 7\,Y.\left(2 - e^{-a:7} - e^{-b:7}\right)$$

und die mittlere Wärme findet sich, wenn man S durch die Länge der Stange theilet.

§. 343.

Nun war für die

Flamme.	a	b	S: 7 Y.
I	2,4	3,4	$2 - e^{-2,4:7} - e^{-3,4:7}$
II	3,2	2,6	$2 - e^{-3,2:7} - e^{-2,6:7}$
III	4,0	1,8	$2 - e^{-4,0:7} - e^{-1,8:7}$
IV	4,8	1,0	$2 - e^{-4,8:7} - e^{-1,0:7}$
V	5,6	0,2	$2 - e^{-5,6:7} - e^{-0,2:7}$

Addirt man demnach diese Werthe von S: 7 Y der Ordnung nach zusammen, so erhält man die Summe der Wärme von 1, 2, 3, 4, 5 Flammen, durch 7 Y getheilt, und folglich solche Größen, welche den Ordinaten der punctirten Linien o A (7 — 10. Fig.) so gut es angehen mag, proportional seyn müssen. Diese Bedingung wird demnach die Subtangente 7 so ziemlich bestimmt angeben. Einige in dieser Absicht vorgenommene Versuche haben mich belehret, daß 7 wenigstens nicht größer als 2,4 Zoll seyn könne. Ich setzte demnach $7 = 2,4$, und erhielt folgende Werthe:

Flamme.	S: 7 Y.
I	1,3895.
II	1,3978.
III	1,3386.
IV	1,2052.
V	0,9829.

woraus allerdings erhellet, daß die Stange von den Lampen ziemlich ungleich erwärmt wurde. Die Flamme II. gab der Stange etwas mehr Wärme, weil sie am nächsten beym Mittelpunct war. Vermuthlich hat auch Muschenbroek dieselbe in dem ersten Versuche gebraucht. In dem zweyten Versuche gebrauchte er die Flammen I, II, und in den folgenden Versuchen kamen noch die Flammen III, IV, V der Ordnung nach, hinzu. Die Summen der Wärme waren demnach folgenden Summen proportional.

Flam-

Flammen.	$\int S : 7\ Y.$
II.	1, 3978.
I. II.	2, 7873.
I. :: III.	4, 1259.
I. :: IV.	5, 3311.
I. :: V.	6, 3139.

und diese Zahlen sind den Ordinaten der punctirten Linien • A, (7—10. Fig.) noch ziemlich proportional.

§. 344.

Uebrigens muß ich hiebey erinnern, daß ich eigentlich nur Kürze halber die Formel

$$y = Y.\ e^{-x:7}$$

gebraucht habe. Da aber die Flamme eine ziemliche Breite hat, so hätte sie als aus unzähligen kleinen Flammen zusammengesetzt angesehen werden müssen. Da aber die Versuche nicht so genau sind, daß es sich der Mühe lohnen würde, die Berechnung so scharf zu machen: so lasse ich es bey dieser Anmerkung bewenden, um so mehr, da ohnehin der Erfolg nur sehr wenig verschieden seyn würde.

§. 345.

Für alle 5 Lampen war nun

$$\int S : 7\ Y = 6,3139,$$

folglich, weil $7 = 2,4$, ist

$$\int S = 1,51534.\ Y$$

Diese Summe durch die Länge der Stange 5, 8 getheilt giebt

$$\frac{\int S}{5,8} = 2,6126.\ Y.$$

die mittlere Wärme, so die Stange von allen fünf Lampen erhielt. Sie ist demnach 2, 6126mal größer als die Wärme gerade über einer Flamme, wenn diese allein brennt. Nun giebt Muschenbroek an, wie viel die Stangen sich vom Frierpunct zum Siedepunct ausgedehnt haben. (§. 227.) Nehmen wir demnach ihre Ausdehnung, mittelst der fünf Lampen, wie sie die letzte Ordinate der punctirten Linien (7—10. Fig.) angiebt, so läßt sich folgende Vergleichung anstellen:

Stangen von	Ausdehnung vom Frier- zum Siedepunct	Ausdehnung durch 5 Flammen	Wärme über einer Flamme.	Eben dieser Grad nach Fahrenh.
Eisen	54	240	91, 8	363
Stahl	56	308	117, 8	411
Kupfer	59	327	125, 1	414
Meßing	73	362	138, 5	374

Digitized by Google

Die Zahlen der 4ten Columme sind die von der dritten durch 2,6126 getheilt. Sodann stellen die Zahlen der ersten Columme die 180 Fahrenheitsche Grade vom Frierpunct zum Siedepunct vor. Und so findet sich für das Eisen

$$\frac{180}{53} \cdot 91{,}8 + 32 = 363$$

für den Stahl

$$\frac{180}{56} \cdot 117{,}8 + 32 = 411.$$

Und auf eine ähnliche Art auch die übrigen Zahlen der 5ten Columme. Eine Flamme allein theilte demnach den Stangen selbst da, wo sie unmittelbar anschlug, nicht ganz gleiche Wärme mit. Dem Kupfer und Stahl mehr als dem Eisen und dem Meßing, und doch kaum so viel, als daß Zinn hätte schmelzen können. Dem Zinn selbst muß sie noch weniger mitgetheilt haben, weil die zinnerne Stange die Hitze von einer Flamme aushielt. Sie hielt aber die Hitze der beyden Flammen I, II, nicht aus, sondern nur die Hitze, der von einander entfernten Flammen II, V, weil diese um etwa $\frac{1}{3}$ größer seyn konnte, als die so gerade über einer Flamme ist. Muschenbroek sagt auch, daß bey diesen zwoen Flammen das Zinn dem Schmelzen sehr nahe gewesen. Daß übrigens die Flamme den Metallen so wenig Hitze mittheilte, rühret daher, daß nur eine Seite der Flamme ausgesetzt war. Wäre eine jede der 4 Seiten immer gleich starken Flammen ausgesetzt gewesen, so würde z. E. für das Eisen

$$4 \cdot \frac{180}{53} \cdot 91{,}8 + 3\tfrac{1}{2} = 1356,$$

folglich der 1356ste Fahrenheitsche Grad Hitze an dem Orte gewesen seyn, wo die Flammen würden angeschlagen haben. Dieser Grad, welcher mit dem 3787sten Grade des Luftthermometers übereintrift, kommt der Hitze des weißglühenden Eisens (§. 92.) und Kupfers (§. 227.) schon ungleich näher. Das Bley schmolz bey den zwo Flammen I, II, nicht, aber die Hitze von drey Flammen hielt es nicht aus. Es mag eben so, wie das Zinn etwas weniger Hitze erhalten haben, als die härtern Metalle. Die Hitze ist mitten zwischen zwoen Flammen am größten. Da nun die Distanz derselben = 0,8 Zoll ist, so nimmt die Hitze in der Hälfte dieser Distanz in Verhältniß von

$$1 : e^{-0{,}4 : 2{,}4} = 1 : e^{-1 : 6} = 6 : 5$$

ab. Damit ist sie für Eisen und in der Mitte zwischen beyden Flammen

$$= 2 \cdot \tfrac{5}{6} \cdot 91{,}8 = 153$$

Graden des Muschenbroekschen Pyrometers, über dem Frierpunct. Dieses ist demnach der

$$\frac{180}{53}\ 153. + 32 = 552\text{te}$$

Fahrenheitsche Grad. Nun stockte Newtons Bley beym 535sten Grad (§. 264.) Zieglers Bley beym 525sten Grade, (§. 265.) und Muschenbroeks Bley war beym 769sten Grade ganz, vermuthlich auch schon stark fliessend. (§. 227. 228.) Es zeigt sich also hieraus, daß so schwerflüßig Muschenbroeks Bley gewesen, es die Hitze von zween Flammen, aber nicht von 3 aushalten konnte. Denn für die 3 Flammen I, II, III ist die Hitze beym Eisen über der Flamme II

$$= 91,8.\left(1 + 2.\ e^{-1:3}\right) = 233,4$$

Gr. des Pyrometers, über dem Frierpunkt. Folglich der

$$\frac{180}{53}\ 233,4 + 32 = 825\text{te}$$

Fahrenheitsche Grad. Wenn also Muschenbroeks Bley zum Schmelzen wirklich einen nicht geringern als den 769sten Fahrenheitschen Grad erfordert hätte, so sieht man, daß es beym 825sten Grad, den die drey Flammen über den mittlern verursachten, allerdings hat schmelzen müssen.

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Vierter Theil.

Von der Bewegung der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Die Ausbreitung der Wärme.

§. 346.

Die Luft gestattet der Wärme keinen dauernden Aufenthalt, als in sofern sie von dichtern Körpern umschlossen wird, welche die Wärme langsamer annehmen. In andern Fällen muß die sogleich wieder weggehende Wärme immer von neuer ersetzt werden. Man gedenke sich ein Feuer oder einen warmen Körper, so breitet sich die von demselben wegfahrende Wärme oder die Feuertheilchen nach allen Gegenden aus, und dieses macht, daß die Dichtigkeit derselben in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz geringer wird. Ein Gesetz, das mit dem von der Ausbreitung der Lichtstralen eine vollkommene Aehnlichkeit hat.

§. 347.

Nun fährt aus einem warmen Körper und selbst aus dem Feuer nur in sofern Wärme weg, als die Luft weniger warm ist. Die Wärme der Luft hält allemal einem gleich großen Grade von Wärme in andern Körpern das Gleichgewicht. Man kann daher auch hier nur den Ueberschuß der Wärme in die Rechnung bringen. Und so kann auch nur von diesem das erst angeführte Gesetz verstanden werden.

§. 348.

Der einfachste Fall hiebey ist der von einer durchaus gleichglühenden Kugel. Von dieser strömet die Wärme aus allen Puncten der Oberfläche nach allen Gegenden gleich aus, und hierinn ist sie einer rund herum gleich leuchtenden Ku-

Digitized by Google

gel wiederum vollkommen ähnlich. Es folgt demnach aus dem §. 115 und 109. der Photometrie, daß die Distanzen vom Mittelpunct der Kugel müssen gerechnet werden, und daß die Dichtigkeit der Feuertheilchen, wie das Quadrat des Sinus des scheinbaren Halbmessers abnimmt.

§. 349.

Ferner kömmt der Sinus des Ausflußwinkels (Photom. §. 80.) hier nothwendig auch in Betrachtung. Eine durchaus gleich glühende eiserne Platte, breitet gerade vor sich mehr Wärme als in schieferer Richtung. Ich setze demnach, so wie in der Photometrie, daß auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen in Verhältniß vom Sinus des Ausflußwinkels geringer wird.

§. 350.

Um diese Sätze durch die Erfahrung zu prüfen, gebraucht man am sichersten eine Kugel von kupfernen Bleche, die oben eine runde Oeffnung hat, und die man mit stark glühenden Kohlen anfüllt. Das Blech hat zur Seite einige kleine Löcher, dadurch die Luft hineinziehen und die Gluht anblasen kann. Die Kugel selbst wird auf einen dünnen Fuß von Eisen gestellt, damit sie nicht durch Berührung anderer Körper ihre Hitze zu geschwinde verliere. In beliebigen Distanzen von der Kugel werden Thermometer befestigt, die von einerley Materie sind, und deren Kugeln wenigstens nicht gar zu verschiedene Diameter haben. Auch an sich müssen sie nicht groß seyn, damit sie das Maximum ihrer Wärme desto eher erhalten. (§. 271. 272.) Endlich muß auch die Kugel der Thermometer gegen die kupferne Kugel gekehrt seyn und nichts berühren. Der Versuch kann an einem ganz windstillen Tage an der freyen Luft vorgenommen werden. Da aber dieses doch eine ungewisse Sache ist, so dient ein geschlossenes Zimmer besser. Nur muß man alsdann Rechnung tragen, daß die Luft im Zimmer von der Kugel voll glühender Kohlen, während des Versuches, etwas Wärme erhält. Uebrigens müssen die Thermometer bereits gestellt, auch der Ort der Kugel bestimmt seyn, ehe man die Kugel hinstellt. Die Kugel muß, außer dem Zimmer, mit stark glühenden Kohlen gefüllt, und nicht eher hereingebracht werden, als nachdem sie schon ihre volle Hitze erlangt hat. Die Thermometer erhalten dadurch das Maximum ihrer Wärme in kürzerer Zeit, und ehe die Kugel anfängt, wiederum allzumerklich zu erkälten. Da die Hitze der Kugel gerade und unverhindert alle Thermometer muß treffen können, so versteht es sich, daß die Thermometerkugeln am besten in eine gerade Linie gestellt werden, welche horizontal sey, und neben der kupfernen Kugel vorbey gehe.

§. 351.

Ehe ich nun eine solche kupferne Kugel wollte machen lassen, gebrauchte ich den 5ten April 1777. statt derselben eine gemeine Gluht- oder Kohlpfanne, das

will sagen, einen Cylinder von Sturzblech, 6 Zoll weit, und vom Roste angerechnet $4\frac{1}{2}$ Zoll hoch, der auf drey dünnen Füßen stund und an den Seiten durchlöchert war. Ich stellte 5 Thermometer so, daß ihre Kugeln einen Rheinl. Fuß von einander entfernt waren. Der Abstand ihrer Mittelpuncte vom Mittelpuncte der Glut, das Quadrat dieses Abstandes, und das umgekehrte Verhältniß dieser Quadrate war, wie folgt:

Distanz Zoll.	Quadrat der Distanz.	Umgekehrtes Verhältniß.
12,62	159,3	1,0000
23,05	531,3	0,2998
34,51	1191,3	0,1337
46,25	2139,3	0,0740
58,10	3375,3	0,0472

Diese Verhältnisse sollen nun zugleich auch die vom Steigen der Thermometer seyn. Die Thermometer stiegen folgendermaaßen von 11,9 Grad der Reaumurschen Stuffenleiter angerechnet.

Zeit.	I. Therm.	II. Therm.	III. Therm.	IV. Therm.	V. Therm.
2″. 16′—	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
17	1,1	0,7	0,2	0,1	0,1
18	2,2	1,2	0,3	0,2	0,2
19	3,2	1,6	0,4	0,3	0,3
20	4,2	2,1	0,6	0,4	0,4
22	5,8	2,7	1,0	0,5	0,6
24	8,6	3,4	1,3	0,7	0,7
26	10,9	3,9	1,6	1,0	0,8
28	12,5	4,3	1,9	1,2	0,9
30	13,7	4,7	2,1	1,3	1,0
32	14,5	5,1	2,4	1,5	1,1
34	15,2	5,3	2,6	1,6	1,2
36	16,0	5,4	2,7	1,7	1,3
38	16,0	5,4	2,7	1,7	1,4
40	15,7	5,2	2,8	1,8	1,4
42	15,0	4,8	2,7	1,7	1,4

Den Versuch stellte ich in einer von zwoen Stuben an, zwischen welchen die Thür offen stund. Die übrigen 4 Thüren und die 4 Fenster waren geschlossen. Beyde

Stuben waren 34 Fuß lang, ihre Breite betrug 18½ Fuß, und die Höhe 11½ Fuß. Also konnte die Luft von der Gluht nicht sehr erwärmt werden. Ich hatte zwar noch andere Thermometer in der Stube. Weil sie aber zu weit entfernt waren, so konnten sie auch nicht richtig angeben, wie viel die Luft und zwar bey den Thermometern, die ich zum Versuche gebrauchte, erwärmt worden. Ich setzte demnach diese Erwärmung = x, und so mußte x von dem Maximo des Steigens eines jeden Thermometers abgezogen werden, damit dasjenige Maximum bleibe, welches der Hitze der Gluht unmittelbar zuzuschreiben war. Da nun dieses Maximum umgekehrt, wie das Quadrat der Distanz seyn sollte, so hatte ich folgende Verhältnisse:

$$\begin{array}{rl} (16,0 - x): & 1,0000 \\ (5,4 - x): & 0,2998 \\ (2,7 - x): & 0,1337 \\ (1,8 - x): & 0,0740 \\ (1,4 - x): & 0,0472 \end{array}$$

Hieraus fand ich mittelst einer Zeichnung, daß x = 0,7 seyn müsse. Und damit erhielt ich die

beobachtete Grade.	berechnete Grade.
15,3	15,3
4,7	4,6
2,0	2,0
1,1	1,1
0,7	0,7

Eine genauere Uebereinstimmung war nicht zu erwarten. Ich hatte übrigens auch schon vorhin einen Versuch mit weniger Kohlfeuer und drey Thermometern angestellt, und ebenfalls das Steigen sehr genau in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz gefunden. Ich erachte es demnach unnöthig, eine kupferne Kugel gerade nur hiezu machen zu lassen. Noch muß ich sagen, daß die Thermometer von Weingeist waren, und daß ich aus diesem Grunde dieselben von der Gluhtpfanne mehr entfernt halten mußte, weil bey größerer Wärme die Ausdehnung den Graden der Wärme selbst nicht mehr proportional bleibt. (§. 124.) Die Diameter der Kugeln waren von 8,3; 5,2; 9,5; 6,1; 6,8 Linien. Ich ordnete sie nicht nach ihrer Größe, damit, wenn je diese Ungleichheit einen Unterschied verursachen sollte, dieser Unterschied desto leichter bemerkt werden könnte.

§. 352.

Es kann nun aber die Hitze in geringern Entfernungen durch Rechnung gefunden werden. Das Thermometer 1. stieg 15,3 Grade. Diese müssen nun

Digitized by Google

nicht von dem anfänglichen Grade der Luftwärme 11,9, sondern von dem 11,9 + 0,7 = 12,6 Grade angerechnet werden. Damit ist das Thermometer bis zum 12,6 + 15,3 = 27,9 Grade gestiegen. Nun ist zufolge der Tafel (§. 140.)

Weingeist-thermom.	Luftthermometer.
+12,6	1055
+27,9	1123
	68.

Also betrug die Erwärmung des Thermometer I, so viel als 68 Grade des Luftthermometers.

§. 353.

Sodann kann die Gluhtpfanne als eine Kugel angesehen werden, deren Halbmesser = $\sqrt{(\frac{7}{22}. 6. \frac{8}{4})} = 2,93$ Zoll beträgt. Da nun der Abstand des Thermometers I = 12,62 Zoll war, so ist der Sinus des scheinbaren Halbmessers = 2,93 : 12,62 = 0,232. Und dessen Quadrat = 0,0538. Hingegen ist an dem Umkreise dieser Kugel als an der kleinsten Distanz, die hier in Betrachtung kommen kann, der scheinbare Halbmesser = 90°, das Quadrat von dessen Sinus = 1,0000, folglich haben wir (§. 248.)

0,0538 : 1,0000 = 68 : 1265.

Demnach hat die Erwärmung dichte an der Kugel oder auch an der Gluhtpfanne so viel als 1265 Grade des Luftthermometers betragen. Werden nun hiezu die 1055 Grade der Luftwärme (§. 252.) addirt, so ist die absolute Wärme daselbst der 2320ste Grad des Luftthermometers. Nun ist für schmelzendes Bley der Grad des Luftthermometers nach

Newton (§. 264.) : : : 2043.
Muschenbroek (§. 227.) : : 2515.
Ziegler (§. 265.) : : : : 2219.

Also konnte Newtons und Zieglers Bley bey Berührung der Gluhtpfanne schmelzen, Muschenbroeks Bley aber nicht. Da ich eine ähnliche Rechnung schon bey dem Versuche mit der kleinern Gluhtpfanne gemacht hatte, so machte ich mich bey dem zweyten Versuche gefaßt, Zinn und Bley in kleinen Körnchen in Bereitschaft zu halten. Um 2 Uhr 33 Minuten, da eben die Thermometer ihrem Maximo nahe waren, fand ich, daß das Zinn in Zeit von 2 oder 3 Secunden schon fließend war, hingegen mußte ich das Bley stärker an die Gluhtpfanne andrücken, und doch wurde es nur so erweicht, daß es sich platt drücken ließ. Das Bley war aus bleyernen dünnen Blechen zusammengeschmolzen, und demnach von weißer und zäher Art.

§. 354.

Digitized by Google

§. 354.

Es ist nun aber diese mitgetheilte Hitze nur einseitig. Man muß sie demnach wenigstens verdoppeln, wenn man ihre Wirkung auf beyde Seiten bestimmen will. Dadurch erhält man den 2. 1265 + 1055 = 3585sten Grad. Dieser kömmt nun der Hitze des weißglühenden Eisens (§. 92.) und Kupfers (§. 227.) schon sehr nahe.

§. 355.

Noch eine Folge, so unser Versuch darbeut, betrift die 0,7 Gr. Wärme, so die Luft von dem Kohlfeuer, in Zeit von etwa 25 Minuten, erhalten. Dieses Kohlfeuer nahm, als es am stärksten war, einen Raum von $\frac{1}{14}$. 6. 6. $4\frac{1}{2}$ = 127,3 Cubiczollen oder $\frac{1}{13,5}$ Cubicfuß ein. Da nun die Kohlen weder dicht an einander schlossen, noch dicht schließen sollten, so wird auch ein größeres Kohlfeuer, nach Maaße des Raumes, den es einnimmt, wenn die Kohlen gerade eben so dicht gelegt sind, der Luft mehr Wärme mittheilen. Daraus folgt, daß ein Cubicfuß Kohlfeuer den beyden Stuben 0,7. 13,6 = $9\frac{1}{2}$ Grad Wärme mittheilen konnte. Diese Wärme wird aber allerdings nicht gleich vertheilt seyn. Denn auch die 0,7 Grad waren eigentlich an dem Orte, wo die Thermometer standen. Da nun des Winters die Stuben mehrentheils nur 12 oder 14 Reaumursche Grade wärmer sind als die äußere Luft, so folgt, daß zwey Caminfeuer, in welchen, zusammengerechnet, $\frac{3}{4}$ oder $1\frac{1}{2}$ Cubicfuß Kohlen brennen, den beyden Zimmern eine Wärme von 12 oder 14 Grad mittheilen können. Die beyden Zimmer enthalten 7234 Cubicfuß Raum. Bey alledem kömmt übrigen viel darauf an, ob Fenster und Thüren gut schließen, und ob die Wände getäfelt oder mit Tapeten bedeckt, oder bloße Mauern sind.

Zweytes Hauptstück.
Das Zurückprallen der Wärme.

§. 356.

Das erstbetrachtete Ausbreiten der Wärme geht fort, so weit sich kein Hinderniß findet, das will sagen, so lang die Feuertheilchen nicht an feste Körper anstoßen. Geschieht dieses aber, so dringen sie theils in den Körper hinein, theils fahren sie von dessen Oberfläche zurück, und zwar nach dem allgemeinen Gesetze, daß der Winkel, unter welchem sie zurück prallen, dem Einfallswinkel gleich ist. Dieses Gesetz hat auch in Ansehung der Lichtstralen statt. Hingegen mag sich in der Art, wie die Wärme und das Licht an der Oberfläche sich theilt, so daß weder alles eindringt, noch alles zurückgeworfen wird, einigen Unterschied äußern.

Digitized by Google

§. 357.

In Ansehung des Lichtes hat man längst schen Brennspiegel und Brenngläser, und die Berechnung, wie das Licht dabey seinen Weg ändert, kömmt in allen Lehrbegriffen der Catoptric und Dioptric vor. Die Bestimmung der Menge und Dichtigkeit der zurückprallenden, der ein- und durchdringenden Lichtstralen, habe ich in der Photometrie durch Theorie und Versuche, so weit es sich damals thun ließe, vorgenommen. Ich werde mich demnach, so fern hier davon die Rede ist, darauf beziehen. Was in der Photometrie Dichtigkeit der Lichtstralen hieß, ist hier so viel als Dichtigkeit der Feuertheilchen oder Wärmstralen.

§. 358.

Nun kömmt es bey Brenngläsern und Brennspiegeln nur darauf an, daß man bestimme, in welcher Verhältniß die Lichtstralen dadurch dichter werden. Und diese Verhältniß ist die von dem Flächenraume des Bildes zum Flächenraume der Oefnung des Glases oder Spiegels. Es geht aber hievon etwas ab, weil nicht alles Licht durch die Gläser geht, und auch nicht alles vom Spiegel zurück geworfen wird. Wie viel dieser Abgang beträgt, habe ich in der Photometrie umständlich bestimmt; auch daselbst bereits angemerkt, daß wenn das Licht durch mehrere Gläser fällt, die Oefnungen derselben so bestimmt werden müssen, daß die vom Objectivglase nicht mehrere Stralen durchfallen lasse, als auch durch die übrigen Gläser durchgehen können.

§. 359.

Die gerade Erleuchtung richtet sich, nach der Stärke des Lichtes und nach dem Quadrate des Sinus seiner scheinbaren Größe, wenn nemlich das Licht als circulrund erscheinet, oder durch Rechnung auf ein solches reducirt werden kann. Diese gerade Erleuchtung wird nun in vorgedachter Verhältniß vom Flächenraume des Bildes zum Flächenraume der Oefnung des Objectivglases oder Spiegels verstärket, und dann wird abgerechnet, wieviel von dem einfallenden Lichte nicht in das Bild trift.

§. 360.

So z. E. führt Boerhave an, ein Villetscher Brennspiegel soll eine Oefnung von 457 Linien im Diameter gehabt haben, und der Diameter des damit aufgefangenen Sonnenbildes habe 16 Linien betragen. Dieses setzt eine Brennweite von 12 Fuß voraus. Die Verstärkung des Lichtes war demnach, wie das Quadrat von 16, zum Quadrat von 457, folglich wie 1 zu 816. Man kann aber wegen des in den Spiegel eindringenden Lichtes kaum die Hälfte oder 400 rechnen. Wenn wir nun nach dem oben beschriebenen Versuche setzen, daß ein schwarzer Körper von dem gerade auffallenden Sonnenlichte 14 Reaumursche Grade von Wärme erhalte, (§. 278. 280.) und dabey annehmen, daß der Körper alle

Digitized by Google

Hitze auszuhalten fähig sey, so werden diese 14 Grade, so viel als 1164—1102 = 62 Grade des Luftthermometers betragen. (§. 278. 140.) Diese 62 Grade mit 400 multiplicirt, geben 25200 Grade, wozu noch die 1102 müssen addirt werden. Und so wird die Hitze eines solchen Körpers = 26302 Gr. des Luftthermometers, demnach 5 bis 6mal größer als schmelzendes oder weißglühendes Eisen seyn. Diese Hitze wird aber ein solcher Körper nicht in dem ersten Augenblicke erlangen, sondern eben so viel Zeit darüber vergehen, als wenn er an der Sonne nach und nach erwärmte. Wenn demnach seine Erkältungs-Subtangente von etwa 6 Minuten Zeit wäre, so würde er in der ersten Minute nur den 6ten Theil der 25200 Grade, das ist, 4200 Grade von Hitze erhalten, und demnach seine Wärme nur 4200 + 1102 = 5302 Grad seyn. Dieses ist indessen doch noch die Hitze des stark fließenden Eisens, oder wenig größer. (§. 92.) Amontons Glas schmolz bey dem 776sten Fahrenheitschen Grade, oder bey dem 2509ten Grad des Luftthermometers, und zwar in einer Luft, welche den 97sten Fahrenheitschen oder den 1134sten Grad des Luftthermometers hatte. (§. 330.) Das Glas erhielt demnach von dem glühenden Eisen nur 2509—1134 = 1375 Grade von Hitze. Hiezu ist aber bey dem Villetschen Spiegel eine Zeit von $\frac{1}{4}$ Minuten hinreichend, auch wenn das Glas eine Kugel von 6 Linien Diameter ist, wie es ungefähr die zu 6 Minuten angesetzte Erkältungs-Subtangente erfordert. Ist aber das Glas kaum eine Linie dick, so wird die Zeit 6mal kürzer, und demnach kaum von 3 Secunden. So wird wohl auch die vorgegebene augenblickliche Verglasung der Kieselsteine und Metalle durch den Villetschen Spiegel müssen verstanden werden.

§. 361.

Man erzählt ferner, daß, so groß diese Kraft des Villetschen Brennspiegels auch im Brennpunct selbst mag gewesen seyn, derselbe dennoch denen Körpern, die man 5 Zoll weit vom Brennpunct gehalten, kaum 190 Fahrenheitsche Grade von Wärme mitgetheilt habe. Und hieraus schloß man, daß die Hitze in viel größerer Verhältniß als die Dichtigkeit der Stralen zunehmen müsse. Ich finde aber, man müsse vielmehr daraus schließen, daß man theils die Zeit der völligen Erwärmung nicht abgewartet habe, und daß der Brennspiegel selbst die Stralen nicht so ganz genau vereinigt habe. Man fange mit einem stark erhobenen Brennglase oder stark gehöltem Brennspiegel die Sonnenstralen näher als der Brennpunct ist, auf, so wird man am Rande des Bildes oder des aufgefangenen Lichtkegels einen Ring sehen, welcher viel heller als die Mitte ist. Und dieser Ring ist deste breiter, je mehr die caustische Linie sich krümmet und von der Axe wegkehret. Ich habe auch gefunden, daß man in diesem Ringe Papier anzünden kann, wenn es sich in der Mitte noch nicht entzündet. Rückt man nun näher gegen den Brennpunct, so findet sichs, daß der äußere und besonders der innere Rand dieses Ringes immer näher zusammenrücket, und endlich der Ring

sich in einen gleichhellen kleinen Circul verwandelt. Es ist ferner bey so großen Brennweiten, wie die von 12 Fuß ist, der Brennpunct nicht ein einzelner Punct, sondern er hat wegen der nicht parabolischen Ründung des Spiegels, und bey Gläsern noch überdies wegen der farbigten Stralen, eine ziemliche Länge in der Axe. Dieses macht die angegebene Distanz von 5 Zollen etwas zweifelhaft.

§. 362.

Wenn es nun aber wirklich so wäre, daß die Sonnenstralen stärker als nach Maaße ihrer Verdichtung erwärmten, so würde eben kein großer Villetscher Brennspiegel oder Tschirnhäusisches Brennglas nöthig seyn, um sich davon zu versichern. Ich habe demnach den 20sten Hornung 1777, Vormittags um 11 Uhr, einen Versuch mit einem branderschen Brennglase angestellt, dessen Brennweite 2 Fuß betrug, und welches eine Oefnung von 7 Zoll oder 84 Linien hatte. Der Diameter des Sonnenbildes im Brennpunct, betrug demnach 2,7 Linien. Daraus folgt, daß es die durchfallende Sonnenstralen 968mal dichter machte. Da nun das Glas sehr reines Spiegelglas ist, so mögen der auffallenden Stralen nur etwa $\frac{1}{5}$ mehr als der durchfallenden gewesen seyn. Wir können demnach, die durch das Glas im Brennpunct verstärkte Kraft als etwa 600mal größer, denn die Kraft der gerade auffallenden Sonnenstralen ansehen. Ich hielt nun ungefähr $2\frac{3}{4}$ Zoll innerhalb des Brennpunctes ein flaches Stückchen Tannenholz, in welches vorhin schon ein brauner kleiner Fleck gebrennt war. Die erleuchte Fläche auf diesem Holze hatte 12 Linien Diameter, da sie hingegen im Brennpunct nur 2,7 Linien, demnach $\frac{1}{20}$mal kleiner ist oder einen fast 20mal kleinern Flächenraum hat. Dieses 20mal weniger dichte Licht zündete das Holz in Zeit von 1 bis 2 Minuten so an, daß es nicht nur schwarz wurde, sondern schon etwas Gluht zeigte. Die Stralen waren daselbst in der Verhältniß von 12^2 zu 84^2, folglich 49mal, oder wenn wir die vom Glase aufgefangene Stralen mit in Anschlag bringen, etwa 32mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen. Setzen wir für diese, wie vorhin (§. 260.) 62 Grade des Luftthermometers, so erhalten wir den $62.32 + 1102 = 3086$sten Grad, als die Wärme, so das Holz erhalten konnte. Eine Hitze, die wenig geringer als Newtons Holzfeuer (§. 264.) ist.

§. 363.

Nun giebt die bloß catoptrische Berechnung, daß bey dem Villetschen Brennspiegel das Sonnenbild 5 Zoll innerhalb des Brennpuncts einen Diameter von 31 Linien hatte. Der Diameter des Brennspiegels oder seine Oefnung war von 457 Linien. Demnach müßten die Stralen in Verhältniß von 31^2 zu 457^2 oder 217mal, und mit Abrechnung des vom Spiegel nicht zurück geworfenen Lichtes etwa 100mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen gewesen seyn, und folglich noch dreymal dichter als bey meinem Brennglase $2\frac{3}{4}$ Zoll innerhalb des Brennpuncts. Dieses verwandelte, in Zeit von 1 bis 2 Minuten, Holz in Kohlen.

Digitized by Google

Daß nun der Villetſche Spiegel 5 Zoll innerhalb des Brennpunets dieſes nicht nur nicht gethan, ſondern kaum die Wärme vom 190ſten Fahrenheitſchen Grad hervorgebracht haben ſoll, dieſes zu erklären, müßten alle Umſtände des Verſuches genauer bekannt ſeyn.

§. 364.

Ein Tſchirnhauſenſches Brennglas von 48 Zoll oder 576 Linien Diameter ſoll nach Boerhavens Ausſage, mittelſt eines Sammelglaſes die Stralen in einen Raum von 8 Linien Diameter, folglich 5184mal verdichtet haben. Da aber die Gläſer über die Hälfte der Stralen auffiengen, ſo wird die Verdichtung wohl nicht über 2000mal gegangen ſeyn. Es iſt aber dieſes noch immer 5mal mehr als bey dem Villetſchen Brennſpiegel, (§. 360.) und ſo konnte die Hitze 25 bis 30mal ſtärker als die von ſchmelzendem oder weißglühendem Eiſen ſeyn. Man begreift demnach, daß die Wirkungen 5mal ſchneller als bey dem Spiegel erfolgen konnten.

§. 365.

Da man den Brenngläſern und Brennſpiegel, mittelſt behöriger Bedeckung eine jede beliebige kleinere Oeffnung geben kann, ſo läßt ſich die Wirkung der Sonnenſtralen dadurch dergeſtalt vermindern, daß ſie nur einen beſtimmten Grad erhält, welcher eben hinreichend iſt, eine gegebene Wirkung hervor zu bringen. Ich habe mich 1757 im Heumonat Nachmittage um 5 Uhr, dieſes Umſtandes bedient, um zu finden, welche Oefnung einem Brennglaſe zu geben ſey, damit daſſelbe gerade hinreichte, Papiere von verſchiedener Weiſe anzuzünden. Ich bedeckte das Glas mit einem ſchwarzen Blatt Papier, ſo weit es nöthig war, und berechnete nachgehends die Größe der noch übrigen Oefnung. Das Glas iſt das im 517ten §. der Photometrie beſchriebene. Der Verſuch gab folgendes:

Ganze Oefnung : : : : : : :	1,00.
weißes Papier zu brennen : : :	0,66.
dickes Packpapier von gelbgrauer Farbe zu brennen : : : : : : :	0,38.
braungraues Holz anzubrennen : : :	0,33.
dunkelblau Packpapier anzubrennen :	0,15.
ſchwarzes Papier anzubrennen : :	0,09.

Die Papiere und das Holz brenneten nicht augenblicklich an, ſondern erſt, nachdem ſie das Maximum der Erhitzung erreichten. Da die Sonne ſchon dem Untergange zueilte, und im Sommer ſelbſt an hellen Tagen, die Luft am Horizonte nicht ſehr durchſichtig iſt, ſo ſind die Stralen durch die Luft ſchon ſehr geſchwächet worden. Aus der Rechnung ergiebt ſich auch, daß ſie durch das Glas, nach Abzug der vom Glaſe noch aufgefangenen Stralen (Photom. §. 520.), 110mal mußten verdichtet werden, um das ſchwarze Papier anzubrennen, da bey der Mittagsſonne eine 30malige Verdichtung ſchon würde hinreichend geweſen ſeyn. (§. 362.)

Digitized by Google

§. 366.

Die bekannte Erzählung von den Archimedischen Brennſpiegeln, haben mehrere Gelehrte auf die Gedanken gebracht, daß ſie aus flachen Spiegeln möchten zuſammengeſetzt geweſen ſeyn, und beſonders hat der Hr. v. Buffon ſich deswegen viele Mühe gegeben. Es iſt auch überhaupt leicht zu begreifen, daß wenn die Sonnenſtralen, mittelſt vieler ſolcher Spiegel auf einen Fleck gerichtet werden, dadurch ebenfalls eine vielfache Verdichtung der Sonnenſtralen erhalten werden kann An ſich betrachtet, iſt es auch gleich viel, auf welche Art die Verdichtung erhalten werde. Die Verfertigung ſolcher Spiegel gründet ſich auf gewiſſe Eigenſchaften der Parabel, die ich hier angeben werde.

§. 367.

Es ſey a F die Are, F der Brennpunct der Parabel a c e. Ferner ſey
12. Figur. a b die halbe Länge des Spiegels, auf deſſen Mitte die Are ſenkrecht ſteht. Man mache den Winkel b F c = b F a, ſo wird b c die Parabel in c berühren, und die Triangel a b F, b c F werden einander ähnlich ſeyn. Man verlängere b c in d, ſo daß c d = c b werde. Sodann mache man den Winkel d F e = d F c, ſo wird d e die Parabel in e berühren, und die Triangel c F d, d F e werden einander ähnlich ſeyn. Man verlängere wiederum d e in f, ſo daß f e = e d werde. Auf dieſe Art kann man von f eben ſo fortfahren, wie man von d fortgefahren hat, und ſo weit gehen, als man es dienlich erachtet. Fallen nun die Stralen in einer mit der Are parallelen Richtung auf die Spiegel α b, b d, d f, &c. ſo werden ſie von denſelben in ſolchen Richtungen zurückefallen, die mit den aus der Mitte der Spiegel a, c, e &c nach dem Brennpuncte F gehendenden Linien a F, c F, e F &c. parallel ſind. Den Beweis von der erſt erwähnten Aehnlichkeit der Triangel, findet man allenfalls in meinen *Orbit. Comet.* §. 7. Daß ferner a, c, e &c. die Mittelpuncte der Spiegellängen α b, b d, d f &c ſind, folgt aus der Conſtruction. Nun bleibt noch zu beweiſen, daß auf jede der Spiegellängen gleich viele Sonnenſtralen fallen, und zurück fallen, (wenn nemlich keine oder wenigſtens gleich viele in die Spiegel eindringen.) Zu dieſem Ende wird es genug ſeyn, wenn ich zeige, daß z. E. von c d eben ſo viel Licht zurück fällt als von d e. Man ziehe aus d die Linie d γ ſenkrecht auf F c γ, und d ε ſenkrecht auf F e ε, ſo iſt wegen der Gleichheit der Winkel c F d, d F e, auch d γ = d ε. Da nun die Stralen von c d nach der Richtung c F, und die Stralen von d e nach der Richtung e F zurückfallen, ſo iſt d γ = d ε das Maaß derſelben; und wegen der Einfalls- und Rückfallswinkel, auch das Maaß der einfallenden Stralen.

§. 368.

Die Länge der Spiegel α b, b d, d f &c., ſo wie die Perpendiculären d γ, d ε &c. und der Parabel kann nun nach Belieben gegen einander proportionirt werden. Was aber die Breite der Spiegel betrift, ſo beſtimmt ſie ſich da-

Digitized by Google

durch, daß man sich gedenkt, die Parabel werde um ihre Axe gedreht, und daß sämmtliche Spiegel ein paraboliſches Polyedrum vorſtellen, welches die Linie a F zur Axe hat. Der Spiegel α b wird wenigſtens als ein reguläres Sechseck geſchnitten. Man kann ihm auch mehrere Seiten geben. An jede Seite ſchließt ſich ein Spiegel b d an, deſſen Breite von b nach d zunimmt, weil der Punct d weiter von der Axe abſteht als b. Eben ſo ſchließt ſich an jeden Spiegel b d ein Spiegel d f an &c.

§. 369.

Da es bey den Brennſpiegeln unbequem und hinderlich fällt, daß der Körper, den man dem Brennpunct ausſetzt, den Spiegel beſchattet, ſo iſt man bey dieſer Zuſammenſetzungsart, nicht daran gebunden, dieſes Hinderniß zuzulaſſen. Man kann die von a entfernteren Spiegel allein beybehalten, ohne die Parabel ganz um ihre Axe zu drehen. Ein ſchief abgeſchnittenes Stück des Polyedri wird immer auch zum Brennen dienlich ſeyn. Man erhält noch überdies einen gedoppelten Vortheil. Denn fangen z. E. die Spiegel erſt bey f an, ſo wird die Brennweite f F größer als a F war. Und von den ſchiefer auffallenden Lichtſtralen werden deſto mehrere zurück geworfen. (Photom. §. 693—695.) Der ganze Spiegel wird übrigens auch dadurch merklich größer, wenn gleich viel Stralen darauf fallen ſollen.

§. 370.

Man iſt übrigens auch nicht daran gebunden, die Spiegel nach einer pa- 13. Figur.
raboliſchen Wölbung zu ſtellen. Man kann ſie an ein flaches Brett dergeſtalt mit Schrauben befeſtigen, daß man ihnen die jedesmal erforderliche Neigung geben kann. Dieſe Neigung beſtimmt ſich ohne Mühe. Es ſeyn A, B, C, D die Mittelpuncte der Spiegellängen, F die Mitte des Brennpunctes, a A, b B, c C, d D &c. die parallel einfallenden Sonnenſtralen, die von den Mittelpuncten A, B, C, D nach F zurückgeworfen werden ſollen. Mit dieſen Stralen zieht man F M parallel, und beſchreibt aus F einen halben Circul M δ N von beliebiger Größe; ſo müſſen die Spiegellängen mit den Chorden M α, M β, M γ, M δ &c. parallel geſtellt werden.

§. 371.

Bey ſolchen aus ebenen Flächen zuſammengeſetzten Brennſpiegeln, kömmt 14. Figur.
nun eine Art von Halbſchatten vor. Es ſey einer der Planſpiegel A *B*, ſo ſtellen C A c, D B d die Durchſchnitte der Lichtkegel vor, deren Spitze in A, B iſt, und welche bis zur Sonne verlängert dieſelben ganz umſchließen. Die Zurückwerfung giebt dieſen Lichtkegeln die Lage L A l, M *B* m. Solche Kegel gedenke man ſich als nach gleicher Richtung von jedem Punct des Spiegels ausgehend. Nun ergiebt es ſich ohne Mühe, daß in dem Raume A N B, ſo wie auch in dem Raume M N l von allen Kegeln Licht iſt. Außerhalb dieſer beyden Raume fällt von deſto wenigern Kegeln Licht hin, je näher man den äußerſten Linien A L, B m kömmt.

Digitized by Google

Dieſes abnehmende Licht hat mit dem, was man Halbſchatten nennt, eine vollkommene Aehnlichkeit, und iſt auch in der That eine Art von Halbſchatten. N iſt der Ort, wo durchaus nur Halbſchatten iſt, welcher in N die meiſte Klarheit hat, und von N nach n, r zu immer dunkler wird. Setzt man demnach, der Brennpunct der Spiegel ſoll in M l ſeyn, ſo hat man eigentlich nur auf das Licht zwiſchen M l Rechnung zu machen, weil dieſes allein ſeine volle Stärke hat. Iſt der Körper, den man dem Brennſpiegel ausſetzt, größer als M l, ſo dienen die in L M, l m fallende ſchwächere Stralen, um den Körper auch außerhalb M m etwas zu erwärmen, und in ſofern ſind ſie nicht ganz unnütze. Die Klarheit in M l iſt übrigens bey einem runden Spiegel in umgekehrter Verhältniß des Quadrates von F f, wenn F, f mitten im Halbſchatten genommen werden. Dieſe Regel geht aber nur an, ſo fern F f weiter als N entfernt iſt. Denn in A N *B* iſt es aller Orten gleich helle.

§. 372.

Will man aber für die Puncte M l die außerhalb N liegen, die Rechnung genauer machen, ſo ſtellt man ſich vor, daß Auge ſey in einem beliebigen Punct g, und man beſtimmt, den wievielten Theil von der Sonne es im Spiegel ſehen kann, welche Figur auch immer der Spiegel haben mag. Dieſem Theile iſt die Helligkeit oder Dichtigkeit der Sonnenſtralen in g proportional. Kürze halber kann man ſich begnügen, den Punct g in der Mitte zu nehmen, und für denſelben die ſcheinbare Figur und Größe des Spiegels zu beſtimmen. Man beſchreibt ſodann einen Circul, welcher die ſcheinbare Größe der Sonne nach eben dem Maaßſtabe vorſtellt, und zeichnet die ſcheinbare Figur des Spiegels ſo, daß wenn ſie nicht ganz in den Circul gebracht werden kann und eckigt iſt, die Ecken und Seiten ſo wenig als möglich hervorragen. Sodann rechnet man nach, der wievielte Theil des Circuls bedeckt iſt, und dieſem iſt die Helligkeit in g proportional.

§. 373.

Die Brennſpiegel und Brenngläſer thun überhaupt die Wirkung, welche die Sonne ſelbſt thun würde, wenn die Erde um ſo viel näher bey der Sonne wäre. Man gedenke ſich die Oeffnung des Brennglaſes oder Brennſpiegels um ſo viel kleiner, als die Verhältniß der einfallenden zu den durch- oder zurückfallenden Stralen es erfordert. Man gedenke ſich, das Auge ſey im Brennpunct, und man beſtimme den ſcheinbaren Halbmeſſer dieſer verminderten Oeffnung. Wäre nun die Erde der Sonne ſo nahe, daß ihr ſcheinbarer Halbmeſſer eben die Größe hätte, ſo würde das Sonnenlicht eben die Wirkung thun, die das Glas oder der Spiegel bey der nicht verminderten Oeffnung thut, und der Unterſchied würde nur darinn beſtehen, daß die Wirkung der Sonne nicht in einem kleinen Brennpunct eingeſchränkt wäre, ſondern ſich über die ganze Erdfläche verbreiten würde. Dieſer Unterſchied hätte aber allerdings und in andern Abſichten ſehr viel auf ſich.

§. 374.

Digitized by Google

§. 374.

Indeſſen wollen wir uns einen runden Körper gedenken, der alle Hitze auszuhalten fähig ſey. Wir wollen ferner ſetzen, die Sonne könne demſelben 60 Grade des Luftthermometers Wärme geben. Würde nun dieſer Körper auf die Oberfläche der Sonne gebracht, ſo würde die Dichtigkeit der auffallenden Sonnenſtralen in der Verhältniß des ſcheinbaren Sonnentellers zur halben kugelfläche vermehrt. Man ſetze den Durchmeſſer der Sonne von 32 Minuten eines Grades, ſo wird demeldtes Verhältniß, wie das Quadrat des Sinus von 8 Minuten zum Quadrat des Sinus von 45 Graden, folglich wie 1 zu 92329 ſeyn. Dieſe Zahl mit den 60 Graden des Luftthermometers multiplicirt, giebt 5539740 Grade, eine 1100 bis 1400mal größere Hitze als die von ſchmelzendem Eiſen. (§. 92.)

§. 375.

Nun iſt das Licht des Vollmondes 500000mal ſchwächer als das Sonnenlicht. (Photom. §. 1078.) Wenn demnach der Himmel rund herum dichte mit Vollmonden beſetzt wär', ſo würden von den 5539740 Graden nur der $\frac{1}{500000}$te Theil, demnach nur 11 Grade Wärme dadurch entſtehen. Es würde auch in einer ſolchen Nacht, da der Himmel mit lauter Vollmonden beſetzt wäre, nicht viel oder noch weniger helle ſeyn, als es unter Tagen bey hellem Himmel iſt, wenn eine einzelne kleine Wolke vor der Sonne ſteht. Denn bey hellem Himmel ſieht man den Mond unter Tagen nicht immer, wenn gleich derſelbe über dem Horizonte iſt, und ziemlich volles Licht hat. Der Himmel iſt alsdann merklich heller als der Mond, weil ſeine Klarheit, die vom Monde unempfindlich machet: Nun habe ich bereits (§. 287.) angemerkt, daß ein ſo heller Himmel ein Thermometer um $\frac{1}{2}$ deſſen kann ſteigen machen, was es an der Sonne ſteigt, demnach etwa 20 Grade des Luftthermometers. Dieſes iſt alſo faſt doppelt mehr als die erſtgefundene 11 Grade von einem mit lauter Vollmonden beſetzten Himmel.

§. 376.

In Anſehung der Brennglaſer und Brennſpiegel bleibt nun noch ein Umſtand, welcher hier zu betrachten iſt. Man kann ſie nemlich von ganz ähnlicher Figur größer oder kleiner machen, und dann wird auch das Sonnenbild in gleicher Verhältniß größer oder kleiner. Die Helligkeit aber bleibt einerley. Nun hat die Erfahrung längſt ſchon gelehrt, daß dieſer gleichen Helligkeit unerachtet, das gröſſere Bild mehr Hitze giebt als das kleinere. Und dieſes iſt der Grund, warum man auf Verfertigung gröſſerer Brennſpiegel und Brennglaſer Bedacht nehmen mußte, wenn man ſtärkere Wirkung hervorbringen wollte.

§. 377.

Es kömmt hiebey viel auf die Größe der Körper an, die man in den Brennpunct legt, weil die Wärme ſich ſo, wie ſie von den Sonnenſtralen erreget

Digitized by Google

wird, ſich von dem Orte, wo die Stralen auffallen, durch den ganzen Körper verbreiten, und dadurch häuft ſich die Wärme weniger und langſamer auf. Nun ſammelt ein kleiner Brennglas weniger Stralen, wenn es ſie auch gleich dicht zuſammen bringt. Demnach iſt auch aus dieſem Grunde die Erhitzung geringer und langſamer. Man begreift daher, daß ein größer Brennglas eine bleyerne Kugel ſchmelzen kann, da ein kleineres kaum ein bleyernes Schrot ſchmelzt. Das Maximum der Erwärmung iſt $n\,7$ (§. 270.) Hier iſt nun n in gerader Verhältniß der Dichtigkeit der Sonnenſtralen und der Größe des Sonnenbildes, und in umgekehrter Verhältniß des Raumes den der Körper einnimmt. 7 aber in gerader Verhältniß dieſes Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche des Körpers, (§. 260.) folglich iſt $n\,7$, wie die Menge der auffallenden Stralen durch die Oberfläche des Körpers getheilt. Die Farbe und die Materie des Körpers kömmt hier ebenfalls in Betrachtung, wie bey dem gerade auffallenden Sonnenlichte. (§. 274-281)

§. 378.

Das Sonnenlicht iſt nun auch das einige, welches in Abſicht auf die Erwärmung in Betrachtung kommen kann. Das Mondlicht iſt, wie wir erſt geſehen haben, (§. 375.) viel zu geringe, weil der ganze Himmel mit Monden beſetzt, nur 11 Grade des Luftthermometers Wärme hervorbringen könnte. Das Licht unſeres irdiſchen Feuers iſt kaum etwas heller als das Mondlicht, wenn beyde mit bloßem Auge angeſehen werden. Dieſes folgt aus dem im 1075ten §. der Photometrie beſchriebenen Verſuch, wo jedoch wegen eines Rechenfehlers 2,‴93, anſtatt 2,‴3 zu leſen, und das folgende darnach zu verbeſſern iſt, da ſodann der letzte Erfolg $L:C = 1:2{,}167$, oder das durch die Luft aufgefangne Mondlicht mitgerechnet, $L:C = 1:1{,}3$ ſeyn wird, ſo daß die Helligkeit eines Talklichtes mit Augen geſehen, nur $\frac{1}{3}$ heller iſt als das Mondlicht, außer der Atmoſphäre erſcheinen würde. Bey dem irdiſchen Feuer haben wir demnach deſſen Wärme nicht als Licht, ſondern eigentlich als Wärme zu betrachten, weil das Licht deſſelben viel zu wenig Wärme giebt, als daß es ſich der Mühe lohnte, darauf Rückſicht zu nehmen. Dieſes iſt auch aus der gemeinen Erfahrung bekannt. Man halte ein ſehr durchſichtiges Glas vor das Geſicht, ſo iſt man gegen das ſtärkſte Caminfeuer geſchützt, ſo lange das Glas nicht ſelbſt nach und nach erwärmt wird. Ich habe mit einem großen Brennglaſe das Bild eines ſtarken Ofenfeuers auf die Hand fallen laſſen, und nicht die geringſte Wärme dabey empfunden, wiewohl es mir übrigens vorkam, daß wenn ich die Hand ſchnell an den Ort des Bildes hielt, ich einen von den auffallenden Lichtſtralen herrührenden ſehr ſchwachen Stoß empfunden hatte. Das Glas, und eben ſo auch andere durchſichtige Körper, ſondern demnach das Licht des irdiſchen Feuers von deſſen übrigen Wärme ab, weil ſie das Licht theils zurück werfen, größtentheils aber durchfallen laſſen, ohne daß Zeit darüber vergienge. Undurchſichtige Körper nehmen ebenfalls die Wärme lange nicht

Digitized by Google

so geschwinde an, als sie den nicht zurückfallenden Theil der Lichtstralen in sich nehmen. Dieses geschieht augenblicklich, jenes sehr langsam.

§. 379.

Da demnach die meiste auf die Körper fallende Wärme von denselben zurück geworfen wird, so kann man mit Brennspiegeln erhalten, was mit Brenngläsern nicht angeht. Man hat auch nach Zahns Bericht längst schon in Wien den Versuch angestellt, daß man die Hitze eines Kohlfeuers mit einem großen Brennspiegel von 18 Zoll Brennweite auffieng, und in der Entfernung von 20 bis 24 Fuß auf einen kleinern Spiegel von 9 Zoll Brennweite richtete, welcher die Wärmestralen wiederum dergestalt sammelte, daß Zunder, und mit demselben ein Schwefelfaden angezündet werden konnte.

§. 380.

Es seyn solche zween Spiegel A E B, C F D, und E F H deren gemeinschaftliche Axe. Die Kohlen stehen in K, und wenn wir, Kürze halber, das Feuer derselben als sphärisch ansehen, so wird die Linie E C den halben Diameter K L bestimmen, welcher gerade groß genug ist, damit alle von dem Spiegel A *B* zurückgeworfene Wärmestralen auf den Spiegel C D fallen, die ausgenommen, welche das Kohlfeuer selbst wieder auffängt, weil es im Wege steht. Ferner treffen die Linien A C, *B* D verlängert bey H in die Axe, und E C verlängert, bestimmt den Halbmesser des vom ersten Spiegel A *B* in H gemachten Bildes H G. Wenn endlich der Vereinigungspunct der Stralen, die der Spiegel C D zurück wirft, in M ist, so giebt die Linie G F N den Halbmesser dieses Bildes M N an. Und die Verdichtung, der vom Spiegel A *B* zurückgeworfenen Stralen, wird nach der zweyten Zurückwerfung so ziemlich, wie MN^2 zu AK^2 seyn. In dieser Verhältniß würde demnach die Erwärmung in M gröber als die in E seyn, wenn die Stralen auf den ganzen Spiegel A *B* mit gleicher Dichtigkeit auffielen. Da sie aber am Rande weniger dicht auffallen, weil die Entfernung größer ist, so geht um so viel ab, als diese Verminderung austrägt. Die Erwärmung in E ist nun aber geringer als unmittelbar am Kohlfeuer, und zwar in Verhältniß vom Quadrate des Halbmessers zum Quadrate des Sinus von K E L = C E F. (§. 348.) Wenn nun die glühende Kohlen in einer eisernen Gluhtpfanne in K gestellt werden, wie es bey Zahns Versuche wirklich geschehen, so wird dem vorhin beschriebenen Versuche zufolge, die Erwärmung dicht an der Gluhtpfanne, nur etwa 1265 Grade des Luftthermometers betragen haben, (§. 353.) und so mag die Erwärmung

15. Figur.

in E = 1265. Sin CEF^2 Grad,

und die in M geringer als

$$1265.\ \mathrm{Sin}\ CE\,F^2.\left(\frac{AK}{MN}\right)^2$$

gewesen seyn.

Digitized by Google

§. 381.

Bey Zahns Versuche war nun $CD = \frac{1}{2} AB$, wenn man nemlich setzt, beyde Spiegel haben eine ähnliche Figur gehabt. Bey dieser Voraussetzung wird sodann ziemlicher maaßen $GH = AK$, und $KM = MH$. Und wegen der großen Distanz beyder Spiegel kann ohne merklichen Fehler

$$MN = \frac{GH.MF}{EM} = \frac{AK.MF}{EM}$$

und

$$\text{Sin } CEF = \frac{AK}{2.EM} = \frac{CM}{EM}$$

demnach die Erwärmung in M

$$= 1265. \left(\frac{CM}{MF}\right)^2$$

gesetzt werden. Wenn demnach CM gerade nur so groß als MF oder der Bogen CFD von ungefähr 60 Graden war, so wird die Erwärmung in $M = 1265$ Grad, oder so groß als dicht an der Gluhtpfanne gewesen seyn. Es geht aber aus vorhin erwähntem Grunde davon etwas ab, und überdies mag auch noch etwas abgehen, weil eben nicht alle auf die Spiegel fallende Wärmestralen davon zurückprellen. Denn die Spiegel selbst werden nach und nach etwas erwärmt, und da ist klar genug, daß die hineindringende Wärme, die eben nicht geringe ist, nicht zu der zurückgeworfenen gerechnet werden kann. Es kann nun hinwiederum auch seyn, daß $CM > MF$ gewesen. Da mir aber die Umstände des Versuches nicht hinreichend bekannt sind, so lasse ich es dabey bewenden, daß man aus diesem nur beyläufigen Ueberschlage noch ziemlich sehen kann, daß der Erfolg des Versuches sehr wohl möglich gewesen.

§. 382.

16. Figur. Den 8ten April 1777. stellte ich einen hohlen papiernen Cylinder DHIE und zwey Thermometer A, F G, so, daß als die Gluhtpfanne in K L gestellt wurde, die Distanzen $CA = CB = 8$ Zoll, $CF = 12$ Zoll waren. Die Gluhtpfanne war die im §. 351. gebrauchte, sie war aber diesesmal mehr und mit stärkerer Gluht angefüllt, ehe sie in das Zimmer gebracht worden. Die Mitte der Gluht hatte mit den Thermometern gleiche Höhe. Ich fieng hierauf an, das Steigen beyder Thermometer, und besonders das Maximum zu beobachten. Beyde waren Anfangs beym 14, 6ten Reaumurschen Grade. Das Thermometer A stieg bis zum 32, 9ten, und das Thermometer in F bis zum 20, 8 Grade. Diese Grade nach der Tafel (§. 140.) auf Grade des Lufthermometers reducirt, sind 1067, 1094, 1144. Es war also die Erwärmung von $A = 77$ Gr. Die von $F = 27$. Demnach erhielt das Thermometer A fast 3mal mehr Wärme als das Thermometer F.

Digitized by Google

§. 383.

Nun iſt wegen der gleichen Entfernung die Dichtigkeit der Wärmeſtralen in B eben ſo groß als in A. Wenn ferner der Cylinder alle durch die Oeffnung D E auf ſeine innere Seite fallende Stralen zurückwürfe, ſo würden durch H I eben ſo viele herausfahren als durch D E hineingekommen ſind. Damit aber würden auf das Thermometer eben ſo viele Wärmeſtralen gefallen ſeyn, als wenn es in B oder auch in A geſtanden hätte. Es hätte demnach eben ſo viel als das Thermometer A erwärmt werden müſſen. Der Verſuch giebt aber, daß es faſt 3mal weniger Wärme erhielte. Der Diameter des Cylinders war 17 Linien, ſeine Länge 4 Zoll. Daraus folgt, daß ungeachtet mehrere Stralen gerade durchgiengen, dagegen auch mehrere zweymal zurück geworfen wurden, und folglich doppelten Verluſt litten. Uebrigens war der Cylinder inwendig nicht geglättet, und ſo mag dieſes ein Grund mit geweſen ſeyn, warum weniger Wärmeſtralen zurück fielen. Ich hatte auch den Cylinder mit einem papiernen Rande umgeben, damit er nicht von außenher erwärmt werden ſollte.

§. 384.

Ich habe nun oben (§. 271.) gezeigt, daß das Maximum der Wärme n 7, welches ein vor dem Feuer ſtehender Körper erhält, von demſelben nach eben der logarithmiſchen Linie erhalten wird, nach welcher er es in einer Luft erhalten würde, welche die Wärme n 7 hätte. Der Körper erhält demnach in beyden Fällen in gleicher Zeit gleich viel Feuertheilchen, und der Unterſchied iſt nur, daß er ſie am Feuer bloß an der gegen das Feuer gekehrten Seite, in der Luft aber durch ſeine ganze Oberfläche erhält. Da nun deſſen unerachtet ihre Menge gleich iſt, ſo folgt, daß die Feuertheilchen im erſten Fall dichter auffallen als im letztern Fall. In beyden Fällen werden aber von der Oberfläche mehrere der auffallenden Feuertheilchen zurück geworfen. Es iſt dieſes alſo ein Grund mit, warum ein kalter Körper die Wärme der Luft langſam annimmt.

§. 385.

Man iſt überhaupt der Meynung, daß die Wärme in einer innern Bewegung der Feuertheilchen beſtehe, und ihre Kraft mehr durch Stoßen als durch bloßes Drucken äußere. Der Druck würde auch zu mehrern Wirkungen des Feuers viel zu unthätig ſeyn. Dieſe innere Bewegung gedenke ich mir nun aber nicht, wie wenn ſie in dem innern der Feuertheilchen ſelbſt wären, ſondern als eine bloße Fortſetzung der Bewegung, die die Feuertheilchen einmal erhalten haben. Mit dieſer Bewegung dringen ſie in die Körper, ſtoßen an deren innern Theilen unter allen Winkeln an, werden von denſelben zurückgeprellt, und fahren ſodann wieder an andere an ꝛc. und ſo circuliren ſie mit unzähligen Wendungen im Körper herum, bis ſie etwa an deſſen Oberfläche kommen, und von da herausfahren, wogegen aber auch andere wieder herein kommen.

Digitized by Google

§. 386.

Bey dieſer Vorſtellungsart kann man ſich nun durch einen Körper eine nach Belieben gezogene Ebene gedenken, und es wird folgen, daß wenn der Körper in allen Theilen gleich warm iſt, in jedem Zeittheilchen, gleich viele Feuertheilchen durch dieſe Ebene hin und her gehen. Man gedenke ſich nun ferner, die Wärme ſey auf beyden Seiten der Ebene ungleich, oder ſie werde auf der Seite A mit einemmale geringer gemacht; ſo werden zwar in dem erſten darauf folgenden Zeittheilchen $d\tau$ noch eben ſo viele Feuertheilen dy aus B gegen A durch die Ebene gehen. Hingegen gehen nun aus A nach B nicht mehr ſo viele, ſondern nur $d\eta$, weil ihre Dichtigkeit in A von y auf η herunter geſetzt worden. Die Seite B verliert alſo wirklich $dy - d\eta$ Feuertheilchen, die nicht mehr wieder erſetzt werden. Setzt man, die Ebene ſey ſo gezogen, daß ſie den Körper in zween gleiche Theile theilte, ſo wird auch die Menge der Feuertheilchen wie y zu η ſeyn. Da demnach in dieſem Fall $dy : d\eta = y : \eta$ iſt, ſo folgt, daß $dy - d\eta$ dem Ueberſchuſſe $y - \eta$ proportional ſey. Iſt hingegen A größer, ſo wird B die Feuertheilchen $dy - d\eta$ eben ſo wie vorhin verlieren, ohne daß ſie wieder erſetzt werden. Da aber dieſe in A ſich durch einen größern Raum ausbreiten, ſo wird ihre Dichtigkeit dadurch vermindert, und dieſes zieht für die folgenden Zeittheilchen eine andere Vertheilung der Wärme nach ſich. Dieſe Betrachtung giebt nun an, daß die Feuertheilchen, um welche die Wärme von B wirklich vermindert wird, nicht die einigen ſind, die aus B in A übergehen, ſondern nur die, ſo mehr herüber gehen als wieder zurückkommen. Auf dieſe Art leuchtet mir das von Newton zuerſt gebrauchte Geſetz (§. 251.) klarer ein, als wenn Martine es aus dem der Geſchwindigkeit proportionalen Widerſtande herleiten will. (§. 253.)

§. 387.

Man gedenke ſich nun z. E. eine Thermometerkugel, die halb in Waſſer geſenkt wird, und halb in der Luft ſey. Waſſer und Luft haben gleiche Wärme, die Kugel aber ſey wärmer, und zwar in allen Theilen gleich warm, ſo daß gegen alle Theile ihrer innern Oberfläche gleich viele Feuertheilchen anfahren. Da nun das Thermometer im Waſſer 8 bis 10mal geſchwinder erkältet als in der Luft, ſo müſſen von den gegen die der Luft ausgeſetzte halbe Oberfläche anfahrenden Feuertheilchen 8 bis 10mal weniger durchgehen, als von denen, ſo gegen die vom Waſſer benetzte halbe Oberfläche anfahren. Nun fahren gleich viele an. Demnach müſſen von der erſten Fläche mehrere wieder zurückprallen als von der andern. Hierinn hat die Wärme mit dem Lichte einige Aehnlichkeit. Es fällt z. E. von der innern Oberfläche eines Glaſes mehr Licht zurück, wenn man das Glas in der Luft hält, als wenn dieſe Oberfläche auf dem Waſſer liegt. Man hat, um dieſes zu erklären, die anziehende Kräfte zu Hülfe genommen, und mittelſt derſelben wird man das Zurückprallen der Wärme wenigſtens eben ſo gut erklären können. Dieſes

Digitized by Google

Zurückeprallens der Wärme habe ich übrigens bereits (§. 310.) bey Anlaß eines Verſuches Erwähnung gethan, der nicht anders, als mittelſt deſſelben ſich erklären läßt.

§. 388.

Es erkläret ſich nun als eine fernere Folge von dieſen Betrachtungen, warum bey dem Erwärmen und Erkälten der Körper nicht die abſolute Wärme y, η, ſondern nur der Ueberſchuß $y - \eta$ in Betrachtung kömmt. Denn wenn von dem Körper B, der die Wärme y hat, die Feuertheilchen dy in den Körper A übergehen, deſſen Wärme nur η iſt, ſo gehen aus dieſem in jenen nur $d\eta$ Feuertheilchen, und da iſt $y : dy = \eta : d\eta$. Und die Feuertheilchen, die der Körper B wirklich verliert, ſind nicht dy, ſondern nur $dy - d\eta$. Und dieſe ſind in Verhältniß, nicht von y, ſondern von $y - \eta$. Und dieſes geht ſo weit, daß ſelbſt die in vorhergehendem Hauptſtücke betrachtete Ausbreitung der Wärme, die ſich nach den Quadraten der Diſtanz richtet, nicht die Wärme y, ſondern nur den Ueberſchuß $y - \eta$ betrift. (§. 347.) Dieſes macht nun aber, daß man, Kürze halber, ſich begnügen kan, die Feuertheilchen $dy - d\eta$ allein als ſolche anzuſehen, die aus B in A übergehen, dafern man nicht beſondere Gründe hat, ſowohl dy als $d\eta$ an und für ſich zu betrachten. Ich habe mich im vorhergehenden auch immer dieſer abgekürzten Ausdrücke bedient; und überdies noch vom Gleichgewichte geſprochen, ſo oft $dy = d\eta$ geſetzt werden mußte, weil allerdings, wenn $dy = d\eta$ iſt, die von der Bewegung, dem Anſtoßen und Zurückeprallen der Feuertheilchen herrührende Wirkungen einander gleich ſind, und ein immer wiederkehrendes Stoßen, die Stelle einer in einem fortdrückenden Kraft vertreten kann.

Drittes Hauptſtück.

Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückeprallen der Wärme.

§. 389.

Das erſt erwähnte Zurückprallen eines Theiles der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, hat nun in Anſehung der Ausbreitung der Wärme, die ſich nach dem Quadrate des Abſtandes richtet, einen beſondern Erfolg, ſo oft der Körper von nicht unendlicher Größe iſt. Man ſetze, um dieſen Erfolg ſogleich durch ein Beyſpiel zu erläutern, einen Körper in den Brennpunct eines Brennglaſes, ſo daß das Sonnenbild nur auf einen kleinen Theil ſeiner Oberfläche treffe: ſo wird eigentlich nur dieſer Theil unmittelbar erwärmt. Von da

Digitized by Google

an breitet sich aber diese Wärme in dem Körper nach allen Gegenden aus, und wird, in sofern in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz schwächer. Auf diese Art würde es auch ins Unendliche fortgehen, wenn der Körper unendlich groß wäre. Da wir aber denselben von mäßiger Größe setzen, so stößt endlich die sich ausbreitende Wärme an die innere Oberfläche des Körpers an. Ein Theil mag durchdringen, aber der größere Theil prellt von da wieder zurück, bis er wiederum irgend an die innere Oberfläche anfährt, wo sodann aufs neue ein Theil durchgeht, der übrige Theil zurückpralle ꝛc. Ich kann übrigens nochmals erinnern, daß auch hier immer nur, nicht von d y, sondern von d y — d n (§. 388. 389.) die Rede ist. Auf diese Art vertheilt sich demnach die mittelst des Brennglases in dem Körper gebrachte Wärme durch denselben dergestalt, daß das Quadrat der Distanz aufhört, in Betrachtung zu kommen, ungefähr eben so, wie ich vorhin (§ 383.) in Ansehung des Cylinders D H I E sagte, daß wenn in demselben alle Wärme 16. Fig. zurückpralle, durch H I so viele Feuertheilchen herausfahren würden, als durch D E herein kommen.

§. 390.

Ich sagte erst, das Quadrat der Distanz höre auf in Betrachtung zu kommen. Dadurch verstehe ich nicht, daß es vom ersten Augenblicke an, aufhöre. Die Zurückprallungen, und besonders die erstern, müssen bereits vorgegangen seyn. Es zeigt aber der vorhin (§. 387.) erwähnte Versuch (§. 310.), daß selbst in kleinen Körpern dazu oft mehrere Minuten erfordert werden, wenn die Vertheilung der Wärme endlich so geschehen soll, daß die Erkältung logarithmisch erfolgen könne. Die Bewegung der Wärme in dichten Körpern ist ziemlich langsam.

§. 391.

Wenn die Wärme nicht durch einen Theil, sondern durch die ganze Oberfläche des Körpers in denselben eindringt, so dringt nicht nur in gleicher Zeit mehr Wärme ein, sondern die Vertheilung im Körper geht auch geschwinder von statten. Denn wenn z. E. der Körper sphärisch ist, so wird in jeder concentrischen Schale die Wärme in derselben gleich vertheilt, und größer seyn, wenn sie dem Mittelpunct näher ist. Da es zu weitläuftig seyn würde, die Vertheilung der Wärme nach allen Zurückprallungen zu berechnen, so habe ich nur die gerade fortgehende Wärme berechnet, und finde, daß wenn der Halbmesser der Kugel = 1, und der von einer beliebigen Schale = r gesetzt wird, die Wärme dem Ausdrucke

$$\frac{1}{r} \cdot \log. \frac{1 + 2r + rr}{1 + rr}$$

proportional, und daher im Mittelpunct etwa 3mal größer als am Rande ist. Wenn nun immer mehrere Wärme von außen in den Körper eindringt, so häuft sie sich in demselben auf, bis endlich eben so viele Wärme aus demselben heraus geht, als eindringt, und so wird der Körper endlich in allen Theilen gleich warm,

so

so daß durch jede Ebene, die man sich durch den Körper gezogen gedenket, in gleicher Zeit gleich viel Wärme hin und her geht.

§. 392.

Diese Betrachtungen dienen nun einzusehen, wie die verschiedene einander entgegen scheinende Gesetze der Pyrometrie, beysammen bestehen. Das Zurückprallen von der innern Oberfläche ändert die Richtung und weiset die Wärme wiederum näher gegen den Ort zurück, wo sie hergekommen war. Die Ausbreitung nach den Quadraten der Distanz geht also nur so weit als die Wärme noch nicht zurückgeworfen wird. Sobald aber dieses geschieht, höret das fernere Ausbreiten auf, weil die Oberfläche des Körpers demselben Ziel setzt, und anstatt alle Wärme frey durchzulassen, gewöhnlich den größten Theil zurückwirft. Und hiebey geschieht alle Bewegung der Wärme deswegen, weil vom kältern Ort weniger Feuertheilchen gegen den wärmern fahren als von diesem gegen jenen. Was also aus dem wärmern Ort mehr wegfährt, geht demselben ab und fällt dem kältern zu gute. Hieraus folgt die Ausbreitung nach dem Quadrat der Distanz, sofern diese nicht durch das Zurückprallen von der Oberfläche eingeschränkt und geändert wird. Aus allem diesen folgt sodann die Vertheilung der Wärme, die zur einförmigsten Erwärmung und Erkältung die schicklichste ist. (§. 318.)

Viertes Hauptstück.
Die Geschwindigkeit im Fortgange der Wärme.

§. 393.

Die durchsichtigen Körper haben das besonders, daß sie dem Lichte einen geradelinichten Durchgang verstatten, sobald dasselbe einmal durch ihre Oberfläche hindurch ist. Dieses findet in Ansehung der Wärme nicht statt. (§. 278.) Sie dringt langsam in die Körper, und nimmt darinn den Weg, den die Zwischenräumchen offen lassen, das will sagen, nach allen möglichen Richtungen, und Zurückprallungen von den Theilchen der Körper nach allen Einfallswinkeln. Dieses macht nun, daß wenn von der Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme sich fortpflanzt, die Rede ist, eine mittlere Geschwindigkeit muß verstanden werden. Es sey C A die Richtung, nach welcher die Fortpflanzung geschieht, und 17. Figur.
zugleich auch die Geschwindigkeit der Feuertheilchen. Da nun diese sich nach allen Gegenden bewegen, so ist offenbar, daß einem Feuertheilchen, dessen Richtung und Geschwindigkeit C M ist, eigentlich nur die Geschwindigkeit Q M zugerechnet werden könne, weil es sich von dem Durchschnitte B C D in gleicher Zeit nur um Q M entfernt. Man setze nun C A = 1, M C A = φ; so ist Q M = cosφ. Nun ist 2π. sinφ. dφ die Menge der Feuertheilchen, welche die Geschwindigkeit Q M = cosφ haben, folglich 2π sinφ. cosφ. dφ die Summe ihrer Geschwindigkeiten, und demnach, wenn man integrirt und $\varphi = 90^\circ$ setzt, die ganze

Digitized by Google

Summe $= \pi$. Diese durch die ganze Summe der Feuertheilchen $2\pi \int \sin\varphi . d\varphi = 2\pi$ getheilt, giebt die verlangte mittlere Geschwindigkeit $= \frac{1}{2}$, folglich gerade die Hälfte der absoluten Geschwindigkeit C A $= 1$.

§. 394.

Aus der gemeinen Erfahrung ist mir ein einiger Umstand bekannt, wo die Geschwindigkeit, womit Kälte und Wärme in der Luft sich fortpflanzen, einigermaaßen geschätzt werden kann. Dieser Umstand ereignet sich im Winter, wenn man in der warmen Stube ist und eine Thüre geöfnet wird, auch eine Weile offen bleibt, wie es z. E. geschieht, wenn mehrere Personen zugleich herein kommen oder heraus gehen. Wenn man in der Stube weit von der Thüre weg ist, so wird eine oder mehrere Secunden Zeit vergehen, ehe man besonders an den Füßen die einbrechende Kälte zu empfinden anfängt. Eigentlich geht die Wärme heraus, und zwar erstlich zunächst bey der Thür, sodann auch von den entfernteren Orten des Zimmers. Die Empfindung ist merklicher, je mehr die Stube warm und die äußere Luft kalt ist. Ich erinnere mich aber nicht, daß daher eine Aenderung in der Geschwindigkeit entstehe, womit die Kälte eindringt, oder eigentlicher zu reden, die Wärme sich heraus zieht, wenn nicht etwa der Wind dazu kömmt.

§. 395.

Vor mehrern Jahren ließ ich mir von überzinntem Bleche einen auf beyden Seiten umgebognen Cylinder a B E f g H D c machen, und an der einen 12. Figur.
Beugung eine Scheidewand B D einlöthen, damit ich z. E. in den Arm a B D c warmes, und in den andern Theil kaltes Wasser gießen konnte, ohne daß sich beydes mit einander vermengte. Die Scheidewand B D war ebenfalls von dünnem Bleche, damit die Wärme leichter aus dem warmen Wasser in das kalte übergehen konnte. Der Diameter des Cylinders war von $22\frac{1}{2}$ Linien rheinl. a B $=$ f E $= 54$ Linien, und B E $= 108$ Linien, und die Beugungen rechtwinklicht. Als diese Röhre auf dünnen Füßen wagrecht stund, goß ich den Theil B D H G F E voll Wasser bis in G F, etwa 6 Linien unter g f, und hieng ein Reaumurisches Weingeistthermometer T K in dasselbe, so daß die Kugel 2 Zoll tief im Wasser war. Die Kugel K betrug genau 7 Pariser Linien, und damit war ihre Erkältungs-Subtangente in der Luft von eben so vielen, nemlich 7 Minuten Zeit. (§. 261.) Im Wasser mußte sie demnach 8 bis 10mal kleiner seyn. (§. 263.) Ich fand sie auch, vermittelst eines deswegen angestellten Versuches von etwa 48 Secunden.

§. 396.

Als nun das Thermometer den Grad der Wärme des Wassers angenommen hatte, und 12,8 Gr. zeigte, ließ ich in den Theil a B D c siedend Wasser gießen, bis in A B ebenfalls einen halben Zoll unter a c. Dieses geschahe den 1sten Hornung 1777. Nachmittag, als die Pendeluhr, vor welcher der Cylinder stund 2 Uhr 49 Minuten zeigte. Von dem Augenblicke an gab ich genau auf das

Digitized by Google

Thermometer Achtung, um zu sehen, ob ich den Zeitpunct bemerken könnte, da es zu steigen anfangen würde. In den ersten 37 Secunden war nicht das geringste zu merken, dann aber schien es einen $\frac{1}{10}$ Grad höher zu stehen, und zu Ende der ersten Minute war es $\frac{1}{10}$ Grad gestiegen. Von da an aber stiege es zusehens, so daß es in 30 Secunden schon 3 ganzer Grade höher war. Ich fuhr fort es zu beobachten, und beobachtete mit einem andern kleinern Thermometer die Wärme, die in A B unter der Oberfläche des Wassers noch übrig war. Ich tauchte es nemlich ein, und bemerkte das Maximum seines Steigens, welches nothwendig der Wärme, die das Wasser alsdann hat, gleich ist. Dieses Eintauchen wiederholte ich jedesmal von neuem. Denn wenn ich es darinn hätte hängen lassen, so würde es immer etwas wärmer als das nach und nach erkältende Wasser geblieben seyn, wiewohl, da die Erkältungs-Subtangente dieses Thermometers im Wasser kaum eine halbe Minute ist, der Unterschied nicht sehr groß würde gewesen seyn.

§. 397.

Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit. St. ′ ″	Grade in K.	Grade unter A C.	Zeit. St. ′ ″	Grade in K.	Grade unter A C.
2 49 0	12, 8		3 7 0	20, 4	
37	12, 85		8	20, 3	
50 0	12, 9		9	20, 2	
30	15, 9		10	20, 15	
51 0	17, 3		13		37, 5
30	18, 3		15	19, 9	
52 0	18, 9		19. 30		31, 0
30	19, 5		20	19, 8	
53 0	19, 8		25	19, 5	
30	20, 0		28. 30		27, 5
54 0	20, 15		30	19, 3	
55 0	20, 4		35	18, 9	
56	20, 6		43		22, 0
57	20, 7		45	18, 6	
58	20, 7	56, 0	55	18, 1	
59	20, 8		4 12	17, 4	
3 0	20, 8		13		18, 0
1	20, 7		25	16, 85	
2	20, 7	50, 0	58	15, 7	
3	20, 65		7 16	13, 2	
4	20, 6		&c.		
5	20, 55				
6	20, 4				

Digitized by Google

§. 398.

Da das Thermometer T K, so klein auch seine Erkältungs-Subtangente im Wasser ist, die Wärme desselben nicht augenblicklich ganz annimmt, so zeigte es auch, zumal in den ersten Minuten, die Wärme des Wassers nicht. Diese muß demnach erst aus dem Steigen des Thermometers gefunden werden. Zu die-
19. Figur. sem Ende trug ich die Zeiten auf die Abscissenlinie A C, und richtete die Grade des Thermometers als Ordinaten auf. Durch deren Endpuncten ließ sich sodann die krumme Linie A B M D ziehen, deren Ordinaten demnach das Steigen des Thermometers vorstellen. Mittelst dieser krummen Linie war nun eine andere A B E N D zu finden, welche das Erwärmen des Wassers in K (18. Fig.) vorstellen soll. Diese Linie mußte demnach von der Beschaffenheit seyn, daß wenn man nach Belieben einen Punct M nimmt, und an denselben eine Tangente M T zieht, und dieselbe, so wie auch die Ordinate P M so weit verlängert, bis ihre Entfernung oder die Perpendicular N T der Erkältungs-Subtangente des Thermometers gleich wird, das will sagen, bis N T, auf A C gemessen, 48 Secunden beträgt. Auf diese Art erhält man den dem Punct M entsprechenden Punct N. P M ist die Erwärmung des Thermometers, und P N die vom Wasser in K (18. Fig.)

§. 399.

Es ergab sich nun hieraus, daß die krumme Linie A B E N D sich von B an fast ganz gerade aufwärts zieht, und dieses will sagen, daß das Wasser in K (18. Fig.) nach Verfluß der ersten Minute einen merklichen Grad von Wärme mit einemmale erhielt. Wenn ich mich aber richtiger und eigentlicher ausdrücken soll, so kann diese Wärme nicht, wenigstens nicht ganz als die vom Wasser angesehen werden, und zwar aus gleichen Gründen, aus denen ich oben sagte, daß die Sonnenstralen (§. 250.), und eben so auch die Wärmestralen des Feuers, (§. 346.) wenn sie durch die Luft fahren, die Luft nicht wärmer machen, als sie zunächst am Schatten ist. Hier fährt nemlich die Wärme von der Scheidewand B D (18. Fig.) nach K, und von da bis an die Oberfläche des Wassers G F, wo sie zum Theil wieder zurück fährt, (§. 387.) und da immer neue hinzu kömmt, sich nach und nach auf häufet. Indessen steigt das Thermometer dennoch so, als wenn das Wasser diese Wärme hätte. (§. 271.) Ich merke auch diesen Unterschied hier nur an, weil es sich daraus deutlicher ergiebt, daß eigentlich nicht die Erwärmung des Wassers, sondern die Bewegung der Wärme eine Minute Zeit gebrauchte, um von der Scheidewand B D bis zur Kugel in K zu kommen, und daß sie, so zu sagen, mit voller Macht, und nicht nach und nach, anlangte. Der Weg mag ziemlich genau 8 Zoll betragen. Und da wir dieses als die mittlere Geschwindigkeit anzusehen haben, (§. 393.) so folgt, daß die absolute Geschwindigkeit der Feuertheilchen im Wasser 16 Zoll in eine Minute beträgt. Zum Gebrauche aber müssen wir es bey den 8 Zollen bewenden lassen, weil bey der Fortpflanzung der Wärme die schiefe und veränderliche Richtungen des Weges jeder

Digitized by Google

einzeln Feuertheilchen weiter nicht in Betrachtung kömmt, und es dabey auch nicht die Frage ist, ob ein und eben das Feuertheilchen den ganzen Weg zurück legt, oder ob andere an dessen Stelle kommen.

§. 400.

Die Minute Zeit, welche die Wärme gebrauchte, um bis an die Kugel K zu kommen, fällt nun aus der Rechnung weg, die man wegen des Steigens des Thermometers T K vornehmen kann. Denn ehe die Wärme in K anlangt, kann das Thermomeeer nicht steigen. Die Rechnung selbst setzt voraus, daß man wenigstens drey logarithmische Linien gebrauchen müsse, weil das Thermometer, das Wasser in B F, und das Wasser in B C als drey verschiedene Körper anzusehen sind. (§. 317.) Ich sage, wenigstens drey, weil wenn die anfänglichen Abweichungen zu stark seyn sollten, um dieselben dennoch in die Rechnung zu ziehen, mehrere erforderlich seyn würden. (§. 319.) Ich habe indessen einen Versuch mit dreyen gemacht, und für die Grade des Thermometers von 2 Uhr 50 Min. angerechnet, folgende Formel gefunden: 13. Figur.

$$y = nl\,(0,96442 - 0,003953.\ \tau) - nl\,(0,59106 - 0,09691.\ \tau) - nl\,(0,71600 - 0,50851.\ \tau) + 12,8\ Gr.$$

Die Zeit τ wird in Minuten genommen, und n l bedeutet die Zahl des in (....) eingeschlossenen Logarithmen. Diese Formel giebt folgende Werthe:

Zeit. τ.	y beobachtet.	y berechnet.
0	12, 8	12, 8
1	17, 3	17, 2
2	18, 9	18, 9
3	19, 8	19, 7
4	20, 1	20, 1
5	20, 4	20, 3
6	20, 6	20, 5
7	20, 7	20, 6
8	20, 7	20, 7
9	20, 8	20, 8
10	20, 8	20, 8
15	20, 6	20, 7
30	19, 8	19, 8
60	18, 3	18, 1
82	17, 4	17, 4
128	15, 7	15, 7
266	13, 2	13, 2

Digitized by Google

§. 401.

Von den drey zu dieser Berechnung gebrauchten logarithmischen Linien, ist die letzte eigentlich die, welche das Thermometer selbst angeht. Sie hat auch den Werth

$$\frac{0,43429}{0,50851} \cdot 60'' = 51''$$

zur Subtangente, welches von den vorhin erwähnten von 48″ wenig unterschieden ist. Hingegen ist die erste der drey logarithmischen Linien die Asymptote der Erkältung des ganzen Systems. (§. 318.) Die Subtangente ist

$$\frac{0,434294}{0,003953} = 110 \text{ Minuten.}$$

§. 402.

Bey diesem Versuche kann es unerwartet scheinen, daß da in den Theil der Röhre B C siedendes Wasser gegossen worden, das Thermometer T K doch nicht mehr als bis auf 20,8 Gr. stieg. Man begreift aber doch, daß die Wärme sich in einen über 4mal größern Raum vertheilen mußte, und daß während der Zeit auch viele Wärme in die Luft weggieng. Auch giebt der Versuch, daß eben zur Zeit, wo das Thermometer T K sein Maximum erreichte, in B C nicht mehr volle 56 Grad Wärme waren. Diese 56 Grad sind nach dem Reaumurschen Queckſilberthermometer nur 49 Grad. (§. 123.) Das Wasser in B C hatte demnach 80 — 49 = 31 Grad Wärme verloren. Wenn nun das Wasser in B F durchaus das Maximum der Wärme gehabt hätte, so würde es doch nur 20,8 — 12,8 = 8 Grad des Weingeiſtthermometers oder 19,9 — 12,4 = 7,5 Grad des Queckſilberthermometers gehabt haben. Nun verhält sich der Raum B C zum Raum B F, wie 3 zu 10. Also werden zu diesen 7,5 Graden Wärme in B F, $\frac{10}{3}$. 7,5 = 25 Grad Wärme in B C erfordert. Demnach sind von den 31 Graden, so das Wasser in B C in den ersten 9 Minuten verloren, wenigstens 25 Grad in das Wasser B F hinüber gegangen. Ich sage wenigstens. Denn vor der übergangenen Wärme gieng inzwischen auch etwas in die Luft weg, so daß also wirklich etwas mehr als die 7,5 Gr. müssen in B F gewesen seyn.

§. 403.

Den 12ten April 1777. wiederholte ich den Versuch mit der Abänderung, daß ich in B f kein Wasser gosse, um zu sehen, wie das Thermometer T K steigen würde, nachdem in B c siedend Wasser gegossen worden. Dieses siedende Wasser konnte demnach das Thermometer nicht anders als mittelst der Erwärmung der Luft zwischen B K zum Steigen bringen. Und da die Röhre in g f offen blieb, so konnte die Wärme sich wenig aufhäufen. Da ferner die Wärme sich in der

Digitized by Google

Luft sehr schnell ausbreitet, so brauchte dieselbe vielleicht mehr Zeit durch die Scheidewand B D zu dringen, als den ganzen Raum B K zu durchlaufen. Ich sahe also voraus, daß ich mittelst dieses Versuches die Geschwindigkeit der Wärme in der Luft nicht würde bestimmen können, weil die Länge B K viel zu geringe ist. (§. 394.) Es war mir aber auch mehr um die übrigen Umstände, und dann auch um den Grad der Wärme zu thun, den das Thermometer erreichen würde. Im Zimmer blieben Fenster und Thüren geschlossen, und ich blieb still vor dem Thermometer sitzen, damit die Luft in B F ganz still bliebe. Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit. St ′ ″	Grade.	Zeit. St. ′ ″	Grade.	Zeit. St. ′ ″	Grade.
0 11 0	16,85	0 18 0	19,4	0 28 0	20,9 +
9	16,9	15	5	30	9 +
30	16,95	30	6	29 0	95
50	17,0	45	7	30	95
12 0	17,1	19 0	8	30 0	95
15	17,2	15	9	30	95
30	3	30	9 +	31 0	95
45	4	45	9 +	32 0	95
13 0	5	20 0	19,95	33	9 +
15	6	15	20,0	34	9
30	65	30	05	35	85
45	75	45	1	36	8 —
14 0	85	21 0	15	37	75
15	17,9	15	2	38	65
30	18,0	30	25	39	55
45	1	45	3	40	50
15 0	2	22 0	4	41	4
15	3	30	5	42	3 +
30	5	23 0	6	43	20,3
45	6	30	65	1 1	19,2
16 0	7	24 0	75	2	19,0
15	8	30	8 +	3	18,9
30	85	25 0	8 +	4	18,9
45	18,93	30	8 +	42	17,6
17 0	19,0	26 0	8 +	47	17,4
15	1	30	85	2 13	16,8
30	2	27 0	85		
45	19,25	30	9		

Digitized by Google

Nachdem das Thermometer bereits sein Maximum erreicht hatte, tauchte ich ein ander Thermometer in das Wasser, um zu sehen, wie viel Wärme es noch übrig behalten. Ich fand

Zeit. St. ′	Grade.
0 33	50,0
42	43,0
1. 4	31,0
45	23,0
2. 13	20,0.

Die Luft im Zimmer hatte inzwischen ziemlich einerley Wärme behalten. Denn der Ofen erkältete und die Sonne wärmte, und so blieben die übrigen im Zimmer befindlichen Thermometer ohne merkliche Veränderung.

§. 404.

Als ich für die erste Viertelstunde die Zeiten als Abscissen, die Grade des Thermometers über 16,8 als Ordinaten zeichnete, fand ich, daß die Endpuncten der Ordinaten in einer sich schlängelnd aufwärts ziehenden Linie lagen. Man kann dieses auch schon an den Zahlen sehen, weil sie etwas ungleichförmig und zuweilen fast gar nicht zunehmen. Dieses kann nicht wohl anders als dadurch erklärt werden, daß zwischen der warmen Luft im Cylinder und der kältern Luft, außer demselben, kein völliges Gleichgewicht statt findet, sondern die Luft darinn so circulirt, daß die kältere sich nach f F E B herunter zieht, während dem sich die wärmere nach D H g herauf bewegt.

§. 405.

Das Thermometer erreichte sein Maximum später als im vorhergehenden Versuche. Hiezu trugen verschiedene Ursachen bey. Einmal ist desselben Erkältungs-Subtangente in der Luft 8 bis 10mal länger als im Wasser. Sodann erkältete hier das Wasser in B D langsamer, weil ganz umher nur Luft war. Von diesem Erkälten hängt nun aber das Maximum des Thermometers ab. Denn wenn auch die Wärme bliebe, so würde das Thermometer mehrere Minuten Zeit brauchen, sie zu erreichen. So aber erreichet es die anfängliche Wärme der Luft nicht, weil diese wieder erkältet.

§. 406.

Sodann zeigt dieses Maximum für die Zeit, da es statt findet, nur die Wärme der Luft in K an. Diese ist aber nothwendig geringer als die Wärme der Luft bey der Scheidewand B D ist, und zwar wegen der einförmigsten Erkältung (§. 318. 319.), und dann aus eben den Gründen, wie bey der eisernen Stange (§. 327.) Sie nimmt also von B D an durch die ganze Länge des Canales logarithmisch ab, und ist oberhalb g f wenig größer als die Wärme der äußern Luft.

Digitized by Google

Luft. Eine ähnliche Abnahme fand auch in dem vorhergehenden Verſuche ſtatt. Sie war aber unbeträchtlicher, weil die Wärme von der innern Waſſerfläche GF größtentheils wieder zurückprallete.

Fünftes Hauptſtück.

Bewegung der Wärme mit den Materien, worinn ſie ſich befindet.

§. 407.

Das Feuer, oder deſſen Theilchen, ſind ſelten, oder nie ganz allein. Sie hängen ſich gern an andere Materien an, und beſonders an ſolche, die Fette ſind. Die Scheidekünſtler, ſondern das Feuer, oder ihr brennliches Weſen, Phlogiſton, nur in Gedanken von den brennenden Materien ab, und zweifeln, ob man es jemals in der That und reinweg werde abſondern können. Dieſe genaue Verbindung des Feuers mit andern Materien iſt es nun, was dem irdiſchen Feuer eine etwas träge und grobe Natur giebt, und machet, daß es nur langſam in die Körper eindringet, und größtentheils von denſelben zurückgeworfen wird, auch wenn es einmal in den Körpern iſt, langſam aus denſelben wieder weggehe. Die helle Gluht in einem verlöſchenden Funken, iſt das letzte und vielleicht das reineſte Feuer, ſo aus demſelben weggeht. Hingegen iſt in der helleſten lichterlohe brennenden Flamme ein dichter Rauch und Ruß, der an die darüber gehaltene Körper ſich deſto mehr anlegt, je fetter der brennende Körper iſt. Die Luft ſcheint ebenfalls Materien zu enthalten, welche dem Feuer zur Nahrung dienen, da es mit dem Brennen im luftleeren Raume ſchlecht ausſieht.

§. 408.

Man hat ſich dieſer Umſtände längſt ſchon bedient, das Feuer nach Belieben und Erforderniß zu leiten, wohin man es haben will, und zwar bloß dadurch, daß man der Luft den behörigen Zug verſchaffet. Mehrentheils geſchieht es um dem Rauche einen Ausgang zu verſchaffen, indem man demſelben durch Schorſteine den Weg bahnet. Und da mit dem Rauche immer noch viele Hitze weggeht, ſo hat man bey Einrichtung der Stubenöfen Bedacht darauf genommen, die Flamme und den Rauch in denſelben durch mehrere Gänge durchzuführen, damit die Hitze an mehrern Seiten anſchlage und dem Zimmer zu gute komme. Man hat ſogar in den unter ſich treibenden Ofen die Flamme gezwungen, abwärts zu ſteigen und ihren Rauch noch beſſer zu verbrennen. Und endlich, wo der bloße Druck und Zug der Luft nicht ſtark genug war, iſt man mit Blaſebälgen zu Hülfe gekommen; ſo wie man hinwiederum in den Reverberir-Ofen darauf ge-

sehen hat, daß die Flamme durch das Zurückeprallen die Oberfläche des untergelegten Metalles oder andern Körpers treffen möge. Zuweilen hat man auch ein Feuer durch das andere angeblasen, um den Zug desselben noch mehr zu verstärken.

§. 409.

Man sieht ohne Mühe, daß in allen diesen Fällen die Bewegung der Wärme kaum anders in Betrachtung kommt, als sofern sich die Luft bewegt, und daß eigentlich die Wärme nur als die Ursache von der Bewegung der Luft hier zu erwägen ist. Sie verzehrt die Luft, oder wenigstens das Brennbare in derselben, und macht sie dadurch, so wie auch durch die Ausdehnung, dünner und leichter. Die hieher gehörigen Untersuchungen sind demnach mehr hydraulisch als pyrometrisch, und wenn z. E. bey dem Zurückeprallen der Ein- und Rückfallswinkel vorkömmt, so kann dieses nicht mit der Genauigkeit geschehen, die bey dem Lichte statt hat, sondern nur so, wie es bey dem Winde und dem Wasser statt findet. Die Flamme brennt eben nicht geradelinigt auf, und wenn sie irgend anschlägt, so wölbet sie sich im Zurückeprellen mit einer sehr sichtbaren Ründung. Die Lichtstralen hindern einander nicht, und so geht jeder seinen Weg, wie wenn er ganz allein wäre. Dieses verhält sich bey der Flamme anders. Sie muß als eine flüßige Materie angesehen werden, die nach den Wendungen, die man ihr giebt, fortströmet, und wo der Ein- und Rückfallswinkel nur dient, um überhaupt ihre Richtung zu bestimmen. Sofern aber die Feuertheilchen sich von der Flamme, so wie auch von der Gluht losmachen, fahren sie in ziemlich gerader Richtung durch die Luft, und da kömmt dann der Ein- und Rückfallswinkel genauer vor, wie man es an dem oben (§. 379—381.) beschriebenen Versuche mit den Brennspiegeln sehen kann.

§. 410.

Wenn man demnach nicht nur die Flammen, sondern auch diese seitwärts von derselben, und der Gluht wegfahrende Feuertheilchen in einen engern Raum zusammen zu bringen, und dadurch die Hitze verstärken will, so kommt der Ein- und Rückfallswinkel aus beyden Gründen in Betrachtung, und hat den widersinnig scheinenden Erfolg, daß man den Raum um die Flamme und das Feuer herum
30. Figur. Anfangs erweitern muß, ehe man ihn enger zusammenzieht. Man setze das Feuer brenne auf A B, und man wolle den Ofen nach den Linien A D, B C verengern, damit die Flamme und alle Hitze in D C zusammenkomme, so wird zwar die Flamme, weil sie immer nach der Höhe steigt, in D C kommen, hingegen wird man in Ansehung der seitwärts ausfahrenden Feuertheilchen seines Zweckes größtentheils verfehlen. Denn so z. E. treffen die aus P nach M fahrenden Feuertheilchen in M senkrecht auf, und prellen wiederum nach M zurück. Auch die nach P N ausfahrenden Feuertheilchen, prellen nach Q und von Q wieder zurück.

Digitized by Google

§. 411.

Die Theorie ſolcher Zurückprallungen iſt mit der catoptriſchen einerley. Giebt 21. Figur.
man z. E. dem Ofen die Geſtalt A F E D C B, ſo daß die Hitze des auf A B brennenden Feuers, und deſſen Flamme, ſo viel möglich, in den engen Raum E D zuſammenkommen ſoll, ſo müſſen die Seiten A F, F E, B C, C D als Spiegel angeſehen werden. Nun haben die Planſpiegel die Eigenſchaft, daß das Bild des Feuers eben ſo weit hinter denſelben iſt, als das Feuer vor denſelben ſteht, und daß die Stralen nach ſolchen Richtungen von denſelben zurück fallen, als wenn ſie aus dem Bilde herkämen. Selbſt das Bild in dem einen Spiegel hat ſein Nachbild in dem andern, und eben ſo laſſen ſich zweyte, dritte ꝛc. Nachbilder gedenken.

§. 412.

Auf dieſe Art ſind demnach A b, A′ B′, B a, B″ A″ die Bilder des Feuers hinter den Spiegeln A F, F E, B C, C D. Ferner iſt b α das Nachbild des Bildes B a, und a β das Nachbild des Bildes A b. Und eben ſolche Nachbilder ſind B′ a′, b′ α′, B″ a″, A″ b″. Endlich ſind α′ β′, b′ α′, b″ α′, α″ β″ zweyte Nachbilder, nemlich Nachbilder von den Nachbildern b α, a β. Weiter war es unnöthig, Nachbilder zu zeichnen, weil die Wärme nach zweymaligem Zurückeprallen ſchon ſehr geſchwächet iſt (§. 383.), und weil, wenn die Feuertheilchen nach dem Zurückeprallen in die Flamme treffen, ſie von derſelben mit fortgeriſſen werden, beſonders, wenn ohnehin ſchon ihre Richtung aufwärts geht.

§. 413.

Man ſetze nun, daß von einem beliebigen Punct P Feuertheilchen nach R ausfahren, ſo prallen ſie von R zurück als kämen ſie aus dem Bilde ω des Puncts P. Eben ſo werden die aus P nach M fahrende Feuertheilchen den Weg M N Q nehmen, als wenn ſie aus dem Bilde p und deſſen Nachbilde π herkämen. Die Einfallswinkel, beſonders der gerade auffallenden Stralen ſind bey dieſer Figur größtentheils ſehr ſchiefe, und dieſes trägt dazu bey, daß deſtomehr Wärme zurückeprallt, und der Hitze, die man in E D verſtärkt erhalten will, zu gute kömmt. So viel man aus allen zwiſchen E D liegenden Puncten Linien nach dem Feuer in A B, deſſen Bildern A b, B a, A′ B′, B″ A″, und deren Nachbildern ziehen kann, nach eben ſo vielen Richtungen kömmt auch Wärme in E D. Nur geben die Bilder weniger als das Feuer ſelbſt, und die Nachbilder weniger als die Bilder. Die Summe wird aber deſſen ungeachtet beträchtlich, zumal da auch die Flamme, ſo an F E, C D anſchlägt, ſich ganz in E D zuſammenzieht. Ründet man übrigens die Ecken in A, B, C, D, E, F etwas ab, ſo ſieht man, daß die Figur eyförmig wird, und mit der ellyptiſchen Wölbung viele Aehnlichkeit erhält.

§. 414.

Da man aus diesen Gründen selbst in denen Fällen, wo man die Hitze in einen engern Raum vereinigen will, derselben Anfangs mehr Raum geben muß, so wird dieses um desto nothwendiger, wo man sie wirklich verbreiten will, wie es z. E. in den Caminen geschieht, wo die Hitze des Feuers sich durch das Zimmer
22. Figur. verbreiten soll. Gauger in seiner *Mechanique du feu* schlägt daher mit gutem Rechte vor, daß man dem Heerde der Camine nicht die rechtwinkligte Figur a B C d, sondern die gegen das Zimmer erweiterte A B C D geben soll. Wenn er übrigens sagt, es würde gut seyn, den Seiten A B, D C eine parabolische Wendung zu geben, so ist dieses ein sehr unerheblicher Umstand. Die Wände werden eben nicht spiegelglatt gemacht, und der Brennpunct der Parabel ist ein einzelner Punct, da hingegen das Feuer gewöhnlich auf der ganzen Länge B C brennet. Man behält übrigens die Wahl, die Ecken in B, C etwas abzuründen. Der Hauptfehler der Camine ist übrigens, daß die meiste Hitze durch den Schornstein aufwärts geht, und dem Zimmer nur nützet, wenn man die Flamme und den Rauch aus dem Camin in einen über demselben stehenden Ofen leitet, und die zum Anblasen des Feuers nöthige Luft durch eine unter dem Boden des Zimmers gehende Röhre, von außen her, in das Camin leitet.

§. 415.

Von der Leitung der Wärme in andern flüßigen Materien ist mir fürnemlich der Fall bekannt, da zu Pfeffers, in der Schweiz, das natürlich warme Mineralwasser von der Quelle bis zum Badhause in hölzernen Röhren 500 bis 600 Schritte weit geleitet wird. Da dieses Wasser in der Quelle die Wärme des menschlichen Blutes hat, und daher so, wie es ist, zum Trinken und Baden gebraucht werden kann, ohne daß es besonders müßte gewärmt werden, so war fürnemlich zu hindern, daß es in dem langen Canal, durch den es nach dem Badhause geleitet wird, unterwegens so wenig als möglich ist, von seiner Wärme verliere. Daß zu diesem Ende der Canal geschlossen und das Holz der Röhre dicke seyn mußte, versteht sich von selbst. Die Erkältungs-Subtangente wird aus beyden Gründen größer. Das Hauptwerk kömmt aber darauf an, daß das Wasser so geschwinde, als immer möglich ist, durch den Canal fließe. Denn je weniger es sich in demselben aufhält, desto weniger hat es Zeit zum Erkälten. Auf die Kürze der Zeit kömmt hier alles an. Die Quelle giebt in jeder Minute 240 Cubicfuß Wasser, wovon aber nur 180 in die Röhre geleitet werden, weil man nicht mehr gebraucht. Die äußere Breite der Röhre ist 1 Fuß, die Höhe 8 Zoll. Die innere Breite aber 10 Zoll und die Tiefe 5 Zoll. Die Geschwindigkeit des Wassers beträgt 8 Fuß in einer Secunde Zeit. Das Wasser gebraucht demnach ungefähr $2\frac{1}{2}$ Minute Zeit von der Quelle bis nach dem Badhause zu kommen. Die Erkältungs-Subtangente mag nach einem beyläufigen Ueberschlage von etwa

Digitized by Google

20 Minuten seyn. Nun ist das Wasser im Sommer etwa 16 Reaumursche Grade wärmer als die äußere Luft. Daher haben wir die Regel detri

$$20 : 2\tfrac{1}{4} = 16 : 2.$$

welche angiebt, daß das Wasser unterweges 2 Grade von der Wärme verlieret, die es in der Quelle hat. Wirklich angestellte Versuche stimmen damit überein, und daraus folgt, daß, wenn die Erkältungs-Subtangente größer seyn sollte als hier angenommen worden, die Geschwindigkeit kleiner genommen werden müßte, und hinwiederum diese größer, wenn jene sollte kleiner seyn. Der Zufluß des Wassers ist übrigens auch nicht alle Jahre gleich groß, noch die äußere Luft immer gleich warm. Ich habe ihre Wärme im Sommer nur auf 14 bis 16 Grade gesetzt, weil das Bad in einem Thale oder sogenannten Tobel liegt, wo die Sonne kaum eine Stunde lang hin scheinet.

Sechstes Hauptstück.

Das Aufsteigen der Wärme.

§. 416.

Sofern die Wärme die flüßigen Materien ausdehnt, macht sie dieselben leichter, und nöthiget sie zum Aufwärtssteigen. Dieses geschieht z. E. beym siedenden Wasser, weil das Wasser, so ganz unten im Topfe oder Kessel ist, zuerst und unmittelbar erwärmt wird. Ueberdies macht die Erwärmung, daß die Luft aus den Zwischenräumchen des Wassers herausgeht, und in Form von kleinen Bläschen in die Höhe steigt. Bey stark siedendem Wasser macht wohl auch die Wärme sich selbst Raum, und dringet in großen Blasen, die weniger Luft als Dünste enthalten, aufwärts. Das Aufwallen des siedenden Wassers entsteht eben daher.

§. 417.

Ein solches Aufsteigen der Wärme bemerket man auch in festen Körpern. Wird das Ende einer eisernen Stange horizontal ins Feuer gelegt, so ist die Subtangente (§. 327.) kürzer, als wenn die Stange an dem von dem Feuer weggekehrten Ende mehr erhoben wird. Ich habe indessen bey dem oben (§. 336.) gebrauchten Drat den Unterschied nicht sehr groß gefunden. Denn als ich den 17ten April 1777. das eine Ende desselben in eben das Lampenlicht hielt, so daß der Drat mit dem Horizonte einen Winkel von 43 Graden bildete, fand ich, daß Wachs höchstens um zwey Dratdiameter weiter von dem Lichte floß, und demnach die Subtangente nur um $\frac{1}{14}$ Theil länger wurde, als wenn der Drat horizontal lag. Dieser Unterschied würde größer seyn, wenn ich den Drat lothrecht über

das Licht gehalten hätte. Es würde aber alsdann die vom Lichte aufsteigende Hitze viel dazu beygetragen haben. Dieses aber sollte vermieden werden.

§. 418.

Bey der Luft hat hingegen das Aufsteigen der Wärme mehr auf sich, und machet, daß des Winters die Luft an der Decke der Stuben um einige Grade wärmer ist als am Boden. Ich habe, um den Unterschied durch Beobachtungen zu bestimmen, den 23sten Hornung 1777 Vormittags um 10 Uhr, ein Thermometer dem Ofen und dem Fenster gegen über an Boden gelegt, und fünf andere Thermometer an eine Latte gebunden, so daß, als ich die Latte eben dahin stellte, die Kugeln der Thermometer 2, 4, 6, 8, 10 Fuß über den Boden erhöht waren. Ein Viertel nach 12 Uhr fand ich, daß sie

in der Höhe von	0	2	4	6	8	10 Fuß.
bey den Graden	11, 4	12, 2	14, 6	15, 8	15, 7	16, 7 —
Und um halb 3 Uhr						
bey den Graden	11, 5	12, 0	13, 2	14, 6	14, 4	15, 3 —

stunden. Es war den Tag über Thauwetter, so, daß das Thermometer, vor dem Fenster nach Nordwest zu, beym Frierpunct war. Ich hatte diese Thermometer mehrere Tage so gelassen, und fand, daß die in der mittlern Höhe nicht immer nach dem Maaß ihrer Höhe größere Wärme anzeigten. Der Zug der Luft, die Bewegung derselben, das Zurückprallen der vom Ofen ausfahrenden Wärme sind Gründe genug für solche Ungleichheiten. Ich habe ähnliche Ungleichheiten gefunden, als ich vier Thermometer in ein Glas stellte, und nur so viel Wasser darein goß, daß die auf dem Boden stehende Kugeln bedeckt wurden. Das Glas war cylindrisch von 3 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Höhe. Ich beobachtete sie den 16ten April 1777. des Morgens bis Mittag bey hellem Wetter, gewärmtem Zimmer und offenem Fenster auf dem Tische am Schatten zu verschiedenen malen, und sie zeigten

	I	II	III	IV
Um 7 Uhr.	13, 2	13, 2	13, 6	13, 5
— 8 Uhr.	13, 7	13, 8	13, 8	13, 9
— 9 Uhr.	13, 3	13, 3	13, 6	13, 8
— 10 Uhr.	13, 9	14, 0	14, 0	14, 2
— 11 Uhr.	13, 6	13, 8	13, 7	14, 1
— 12 Uhr.	13, 6	13, 9	13, 8	14, 1

Ich sahe daraus, daß es in der Verbreitung der Wärme im Wasser kleine Ungleichheiten giebt, die zwar nicht über $\frac{1}{2}$ Grad gehen, indessen aber doch merklich

genug sind, um den Gang der Thermometer ungleich zu machen. Die Diameter der Kugeln waren von 8, 7, 5½ und 9½ Linien Rheinl. und die Erkältungs-Subtangenten sind in gleicher Verhältniß ungleich. Da aber die größte nicht über eine Minute beträgt, so konnte von daher keine merkliche Ungleichheit im Steigen und Fallen entstehen.

§. 419.

Bey dem Aufsteigen der Wärme in der Luft hat man sehr darauf zu sehen, ob die Feuertheilchen mit andern Materien verbunden, wie z. E. in der Flamme, dem Rauche, den Dünsten ꝛc. empor steigen. Es hat dieses einen starken Einfluß auf ihre Geschwindigkeit. Die Kraft, womit die Flamme in die Höhe steigt, ist nicht sehr groß. Man blase mit mäßiger Stärke durch eine Löthröhre B A gegen die Flamme C D eines Lichtes nach der Richtung A C F, so wird die Flamme die Figur C E annehmen, und desto mehr von der Richtung C F aufwärts nach C E gehen, je schwächer man bläst. C F wird die Kraft des Blasens und E F die Kraft seyn, womit die Flamme aufwärts strebet. E F ist hiebey, wenn man ein wenig stark bläset, gegen C F verglichen, sehr kleine. Je mehr übrigens die Flamme C E beym schwächern Blasen aufwärts geht, desto kürzer wird sie, und man muß schon mit einem, wiewohl geringen Grad von Stärke blasen, wenn man auch nur hindern will, daß nichts davon nach D empor steige. Es kömmt aber hiebey nicht auf die Länge C E, sondern auf den Winkel E C F oder das Verhältniß C F: FE an, weil dieses eigentlich das Verhältniß der Kräfte ist. Die veränderliche Dicke, Schwere und Wärme der Luft kann hiebey verschiedenes ändern. 23. Figur.

§. 420.

Die Flamme ist als ein flüßiger Körper anzusehen, der leichter als die Luft ist, und mit genug Kraft in die Höhe steigt, um die Rauch- und Rußtheilchen mit sich fortzureißen. Die Luft dichte an der Flamme wird durch ihre Hitze etwa 4mal dünner. Denn die Flamme hat genug Hitze, um einen dünnen Eisendrat glühend zu machen. Durch diese dünnere Luft steigt die Flamme. Ihre besondere Schwere muß demnach über 4mal geringer seyn als die von der Luft. Wenn ich mich recht entsinne, hat man unter der Glocke einer Luftpumpe bey dem Auspumpen der Luft gesehen, daß die Flamme sich von dem Dachte losmachet und in die Höhe steigt, endlich aber bey fortgesetzten Auspumpen, und kurz vor dem Verlöschen anfängt, nieder zu sinken. Diesemnach schien sie schwerer als sehr verdünnte Luft zu seyn. Diese Schwere rührt aber mehr von den Rauch- und Rußtheilchen als von dem eigentlich brennlichen Wesen (§. 407.) her, welches sich endlich von diesen Theilchen beym Erkälten derselben losmachet, und ungleich schnell in die Höhe steigt.

Digitized by Google

§. 421.

Ein solches Aufsteigen der Wärme geht nun in der Luft beständig vor. Denn die Wärme, so die Erde das ganze Jahr durch von der Sonne erhält, geht auch wieder in die Luft hinauf, weil die Erde immer aufs Neue der Sonnenwärme bedarf, um nicht immer kälter zu werden. Sofern nun das Aufsteigen der Wärme von ihrer geringern Schwere herrührt, wird ihre Geschwindigkeit im Aufsteigen immer größer. Dieses macht, daß die Feuertheilchen, die im Aufsteigen aufeinander folgen, immer mehr von einander entfernt werden, ungefähr eben so, wie wenn man z. E. von $\frac{1}{100}$ zu $\frac{1}{100}$ Secunde eine Kugel fallen läßt. Ihre Entfernungen werden, wie die Zahlen 1, 3, 5, 7 ꝛc. zunehmen. Aus diesem Grunde aber wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in der obern Luft, und mit derselben auch die Wärme geringer. In einer Abhandlung über die Dichtigkeit der Luft, die sich in den Mem. de l'Acad. R. de Berlin 1772. befindet, habe ich aus diesen und andern Betrachtungen gefunden, daß die daherrührende Verminderung der Wärme ganz oben in der Luft $\frac{5}{12}$ Theil betragen kann, oder daß die Wärme von unten bis ganz oben, wie 17 zu 12 abnimmt, und wenn x in französischen Klaftern oder Toisen eine jede Höhe über dem Meere oder der Erdfläche, c die Wärme daselbst, und C die am Meere oder an der Erdfläche vorstellt, und $\theta = 4200$ Toisen gesetzt wird, sodann

$$\frac{C}{c} = \frac{17}{12} - \frac{5}{12} \cdot e^{-x:\theta}$$

ist. Hier werden C, c durch Grade des Luftthermometers ausgedrücket. Und man erhält die Werthe

$x:\theta$	c: C	x Toisen.
0,0	1,0000	0
0,1	0,9618	420
0,2	0,9298	1840
0,3	0,9025	1260
0,4	0,8792	1680
0,5	0,8591	2100
0,6	0,8410	2520
0,8	0,8134	3360
1,0	0,7915	4200
1,5	0,7555	6300
2,0	0,7351	8400
&c.		

So

So z. E., wenn in Peru am Meere die gröſte Wärme = 1125 Gr. des Luftthermometers iſt, ſo nimmt dieſelbe in der Höhe von 2520 Lachtern, wie 1,0000 zu 0,8410 ab, und iſt demnach nur = 946 Gr. des Luftthermometers. Nun iſt die Höhe von 2520 Lachtern um 100 Lachter über der untern Grenze des nie ſchmelzenden Schnees auf den peruvianiſchen Gebürgen. Und demnach kann die Luft daſelbſt ſehr wohl 54 Grad kälter ſeyn als der Frierpunct 1000.

§. 422.

Die Geſchwindigkeit, mit welcher die Feuertheilchen, die ſich von den warmen oder auch brennenden Materien losmachen, von denſelben wegfahren, wird wohl nicht geringer ſeyn als diejenige, womit die Luft in einen luftleeren Raum eindringet. Denn letztere hänget von der Schnellkraft der Luft ab, und dieſe iſt mit der Schnellkraft der Wärme im Gleichgewichte. (§. 47.) Wenn aber die Feuertheilchen dichtere Materien mit ſich fortreißen, ſo wird ſowohl wegen der gröſſern Maſſe als auch wegen des Widerſtandes der Luft die Geſchwindigkeit geringer. Sollte hingegen das eigentlich reine Feuer mit dem Lichte einerley ſey, ſo wird demſelben die Geſchwindigkeit des Lichtes zukommen. Dieſes findet nothwendig ſtatt, ſofern das Feuer oder andere erhitzte Körper wirklich leuchten. Man kann aber ſchlieſſen, daß wenn z. E. eine glühende eiſerne Kugel beym Erkälten aufhört zu leuchten, dieſes nur ſagen will, daß das Licht zu ſchwach werde, um empfindbar zu ſeyn. Denn am hellen Tage hört es auf zu leuchten, wenn es im Dunkeln noch Licht von ſich giebt. Im Dunkeln iſt aber der Augenſtern mehr offen und das Auge ſelbſt empfindlicher. Aus beyden Gründen kann demnach das Leuchten länger fortdauern.

Digitized by Google

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Fünfter Theil.

Von der Kraft der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Die Kraft der Wärme mit den Zusammenhangskräften der Körper verglichen.

Erster Abschnitt.

Vorläufige Lehrsätze.

§. 423.

Da die Körper von einem bestimmten Grade der Wärme nur bis auf einen bestimmten Grad ausgedehnt werden, und wenn die Wärme daraus wegeht, wiederum dichter werden, so ist allerdings in den Körpern eine Kraft, welche der Kraft der Wärme entgegenwirket, bis beyde einander das Gleichgewicht halten. Dieses Gleichgewicht ist es nun, was uns in Stand setzen soll, beyde Arten von Kräften mit einander zu vergleichen. Die Kraft in den Körpern ist diejenige, mit welcher ihre Theilchen zusammenhängen, so daß sie nicht ohne äussere Gewalt getrennt werden können. Sie ist unter dem Namen von Cohäsionskraft längst schon bekannt, und da die Härte, die Zähigkeit, die Festigkeit, und theils auch die Federkraft der Körper davon abhängt, so ist sie auch schon häufig untersuchet und durch Erfahrungen bestimmt worden. Die Festigkeit der Gebäude machte solche Untersuchungen sehr nützlich. Noch mehr aber war die Newtonsche Attraction eine nähere Veranlassung dazu.

Digitized by Google

§. 424.

Man nennt die Cohäsionskraft der Körper absolut, wenn man sich die Kraft gedenkt, welche erfordert wird, z. E. einen prismatischen oder cylindrischen Körper geradeaus zu zerreißen. Wenn es nur nöthig ist, einen solchen Körper in die Länge zu ziehen, oder wie etwa eine Saite zu spannen, so wird, nach Maaße der geringern Spannung eine geringere Kraft erfordert. Diese Kraft wird aber immer noch als absolute betrachtet, wenn sie es gleich in einem geringern Grade ist. Man nennt sie so zum Unterschiede der biegenden oder brechenden Kraft, weil diese seitwärts angebracht wird. Man hat sich schon seit dem vorigen Jahrhunderte viele Mühe gegeben, diese Kräfte, sowohl durch Versuche, als durch Theorie mit einander zu vergleichen. Man hat aber dabey mehrentheils nur auf die äußersten Grade, wobey nemlich ein wirkliches Zerreißen oder Zerbrechen erfolget, Rücksicht genommen.

§. 425.

Die spannende oder vollends zerreißende Kraft wird allerdings, mittelst angehängter Gewichte am leichtesten bestimmt. Sie ist besonders bey Metallen beträchtlich groß, und dieses machet, daß man nur mit dünnem Drate oder Stäbchen Versuche angestellt hat. Muschenbroek nahm solche, deren Durchmesser $\frac{1}{10}$ eines Rheinl. Zolles betrug, und fand das zum Zerreißen erforderliche Gewicht

für den Drat

von Kupfer	299½	Pfund.
Meßing	360	—
Gold	500	—
Eisen	450	—
Silber	370	—
Zinn	49¼	—
Bley	29¼	—

Bey dickerm Drate nimmt die zerreißende Kraft, wie das Quadrat des Diameters zu, und bey dünnerm vermindert es sich in eben der Verhältniß. In Ansehung der weichen Körper ist, zu bemerken, daß sie vor dem Zerreißen dünnen werden, und alsdann weniger Kraft nöthig ist. Bey diesem Dünnerwerden, geht einige Zeit vorben, und dieses ist eine Anzeige, daß man besser thut, wenn man das angehenkte Gewicht sogleich um etwas vermehrt, damit das Zerreißen ohne Verzug erfolge. Uebrigens ist es für sich klar, daß das Zerreißen allemal am schwächsten Orte erfolgt, und daher vor dem Versuche wohl untersucht werden muß, ob an dem Drate nicht irgend ein Riß ist, der das Zerreißen befördert.

Digitized by Google

§. 426.

Ich habe nun, um hierüber einige Versuche anzustellen, die Theorie der klingenden Saiten zu Hülfe genommen, und dazu meßingne und stählerne (vermuthlich aber nur eiserne) Claviersaiten gebraucht. Diese Versuche gaben mir an, daß eine meßingene Saite springt, wenn sie auf das Monochord gespannt bey der Länge von einem Rheinl. Fuß den Ton der Flöte

giebt, oder in jeder Secunde 996 Schwingungen machet. Die eisernen Saiten aber sprangen, wenn sie bey eben der Länge um einen Ton höher gestimmt wurden oder den Ton der Flöte

von $\frac{8}{9}$. 996 = 1120$\frac{4}{9}$ Schwingungen gaben. An der Dicke der Saiten ist hier nichts gelegen. Der Unterschied ist nur, daß dickere Saiten mit mehr Kraft gespannt werden müssen und einen weniger klingenden Ton geben; dafern man nicht die Länge 2, 3mal größer und den Probeton in gleicher Verhältniß tiefer nimmt.

§. 427.

Die Theorie der schwingenden Saiten giebt nun folgende Formel:

$$P = \frac{M \lambda N N}{2 g}$$

wo P das spannende Gewicht, M das Gewicht des schwingenden oder zwischen beyden Stätteln des Monochords liegenden Theiles der Saiten, λ diese Länge, N die Anzahl der Schwingungen, und g den Fall der Körper in der ersten Secunde Zeit vorstellt. Wird λ in rheinländischen Linien gemessen, so ist 2 g = 4500 Linien. Um das Gewicht der Saiten desto genauer zu bestimmen, thut man gut, wenn man ein sehr langes Stück derselben abwieget, und sich einer genauen und richtigen Wage bedient.

§. 428.

Ich werde nun setzen, der Drat, sowohl von Meßing als von Eisen, habe eine solche Dicke, daß die Länge von 1 Rheinl. Fuß gerade 1 Gran Berliner Gewicht betrage. Diesemnach haben wir

M = 4 Gran.
2g = 4500 Linien.
λ = 144 Linien.

Digitized by Google

und dann für

Meßing.	Eisen.
$N = 996$	$N = 1120\frac{1}{7}$
folglich	
$P = \frac{996.\ 996.\ 1.\ 144}{4500}$	$P = \frac{1120\frac{1}{7}.\ 1120\frac{1}{7}.\ 1.\ 144}{4500}$
$= 31744\frac{1}{7}$ Gran.	$= 40176\frac{3}{7}$ Gran.
$= 132$ Loth, 1 Quint. $4\frac{1}{7}$ Gr.	$= 167$ Loth 1 Quint $36\frac{3}{7}$ Gran.
Man setze ferner, ein Cubicfuß wäge	
554 Pfund,	504 Pfund.
so wiegt ein Drat von 1 Fuß Länge und 1 Quadratlinie im Durchschnitt.	
$\frac{554}{27}$ Gran.	$\frac{5040}{27}$ Gran.
So vielmal wird das spannende Gewicht größer, demnach	
$P' = 26723$ Loth.	$P' = 31248\frac{1}{7}$ Loth.
$= 835$ Pf. 3 Loth.	$= 970\frac{1}{2}$ Pfund.

Muschenbroek findet kaum halb so viel. Denn sein $\frac{1}{10}$ Zoll dicker Drat hat 1, 131 Quadratlinien im Durchschnitt. Durch diese Zahl muß demnach das von ihm für Meßing auf 360 Pfund und für Eisen auf 450 Pfund angesetzte Gewicht getheilt werden. Und so findet sich 319 Pfund für Meßing und 398 Pfund für Eisen, wenn der Drat 1 Quadratlinie im Durchschnitte hat. Ich lasse dahin gestellt, ob Muschenbroek die Dicke seines Drates nur beyläufig auf $\frac{1}{10}$ Zoll gesetzt hat. Ein so dicker Drat ist übrigens auch mit weniger Sorgfalt gezogen als die Clavierſaiten, vermuthlich auch weniger elastisch. Und dann kömmt bey Muschenbroeks Versuchen viel auf die Art an, wie der Drat zum Anhängen der Gewichte befestigt worden.

§. 429.

Es kam mir nun fürnemlich darauf an, daß ich die Ausdehnung des Drates mit dem spannenden Gewichte vergliche. Hiezu that der Stimmnagel des Monochordes gute Dienste. Ich machte an demselben einen Zeiger feste, wodurch ich leicht sehen konnte, um wie viele Grade ich denselben umdrehete, sowohl um die Saite immer mehr zu spannen, als um wieder nachzulassen. Ich drehete den Stimmnagel von 45 zu 45 Graden, und beobachtete durch Verschieben des beweglichen Sattels, bey welcher Länge die Saite den Ton der Flöte.

Digitized by Google

gab, oder in einer Secunde Zeit 830 Schwingungen vollendete. Das Quadrat dieser Länge ist in Verhältniß des spannenden Gewichtes, und die Verlängerung oder Ausdehnung der Saite vom Stimmnagel bis zum Stege, wo sie eingehängt ist, bestimmt sich vermittelst des Umkreises des Stimmnagels, wenn man sich den Diameter desselben um die Dicke der Saite größer gedenkt.

§. 430.

Den vollständigsten Versuch hierüber stellte ich den 1sten Nov. 1775. mit einer meßingenen Saite an, von welcher ich voraus bestimmt hatte, daß sie bey einer Spannung von 172 Loth zerreiße. Ich spannte sie erst nur schwach, doch so, daß sie genug angezogen war, um auf dem Stimmnagel feste anzuliegen, und einen klingenden Ton zu geben. Von da an zählte ich die Grade des Umdrehens von 45 zu 45 bis auf den 225sten. Alsdann drehte ich eben so wieder zurück, um zu sehen, ob die Saite bey eben den Längen wieder eben den Ton der Flöte

geben würde. Die Längen maaß ich in Rheinl. Linien, und fand

Drehung des Stimmnagels.	Länge beym Anspannen.	Länge beym Losspannen.	berechnete Länge.
Grade.	Linien.	Linien.	Linien.
0	62	63	62, 5
45	82	83	82, 6
90	101	102	98, 7
135	112	112	112, 5
180	126	127	124, 8
225	136	136	136, 0

§. 431.

Die letzte Columne habe ich folgendermaaßen berechnet: Ich setzte, daß die Verlängerung der Saite dem spannenden Gewichte proportional sey. Dieses ist es eben, was durch den Versuch sollte geprüft werden. Da nun die Saite Anfangs schon einen gewissen Grad der Spannung, und folglich der Ausdehnung hatte, so setzte ich, daß, wenn der Stimmnagel um x Grade zurückgedreht würde, alsdann alle Spannung und Verlängerung = 0 seyn würde. Diesem nach mußte für die erste und letzte Beobachtung

$$x : (x + 225) = (62\tfrac{1}{2})^2 : (136)^2$$

$$x = 60\tfrac{1}{4} \text{ Grad}$$

Digitized by Google

seyn. Und daraus folgte sodann, daß für z Grade, um welche der Stimmnagel gedreht worden, die Länge der Saite

$$\lambda = 62{,}5.\sqrt{\left(\frac{60\frac{1}{4}+z}{60\frac{1}{4}}\right)}$$

$$= 62{,}5.\sqrt{\left(1+\frac{4z}{241}\right)}$$

Linien seyn müsse, wenn die Voraussetzung richtig ist. Nun nahm ich z = 45, 90, 135, 180 Grad, und fand für λ, die in der letzten Columne angesetzten Werthe. Da die beobachteten Längen, mittelst des Gehöres bestimmt werden mußten, so wird man zwischen der Rechnung und den Beobachtungen nicht wohl eine genauere Uebereinstimmung erwarten können. Die Rechnung giebt bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dieses würde aber nicht seyn, wenn die Voraussetzung merklich unrichtig wäre.

§. 432.

Ich habe nun ferner gefunden, daß wenn eben diese Saite bey der Länge von $108\frac{3}{4}$ Linien den Ton

geben sollte, sie mit 67,9 Loth Gewicht gespannt werden mußte; und daß, wenn der Stimmnagel um 45 Grade gedreht wurde, die Saite sich um $\frac{5}{8}$ Linie ausdehnte. Setzte ich demnach

$$\lambda = 108\tfrac{3}{4},$$

so fand sich

$$z = 121{,}8 \text{ Grade.}$$

Und

$$45 : \tfrac{5}{8} = (121{,}8 + 60\tfrac{1}{4}) : 2{,}36,$$

folglich für erstbemeldten Ton, 2,36 Linien Verlängerung. Nun fordert die größte Spannung 172 Loth. Demnach

$$67{,}9 : 172 = 2{,}36 : 5{,}96.$$

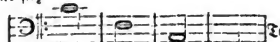
Und so dehnt sich die Saite, ehe sie zerreißet, um 5,96 oder 6 Linien aus. Ihre ganze Länge betrug aber 612 Linien. Demnach ist die größte Ausdehnung $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

§. 433.

Einen ähnlichen Versuch machte ein Musicus auf mein Ansuchen mit der stählernen Saite seines Claviers, welche von $282\frac{1}{4}$ Rheinl. Linien den Ton $\overline{c}$ giebt. Ich sprach ihm davon, als von einem Mittel das Clavier zu stim-

Digitized by Google

men. Er stimmte die Saite nach und nach auf f, c, G herunter, und ich fand, daß der Stimmnagel von 90° auf 32, 11, 0 war zurückgedreht worden. Demnach fand sich



Töne.

	90°	32°	11°	0°	Drehung des Stimmnagels.
	24	16	12	9	Verhältniß der Schwingungen.
	24	16	11,9	9	Berechnetes Verhältniß.

Der Stimmnagel hatte $1\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser. Dieses giebt für 90 Grade $\frac{1}{38}$ Linien Verlängerung. Nun springen die stählernen Saiten, wenn sie bey einem Fuß Länge den Ton

geben, welcher nach eben dem Verhältniß 54 Schwingungen hat. Die Berechnung giebt, daß der Stimmnagel noch um 14,7 Grade hätte zurückgedreht werden können, bis alle Spannung würde aufgehört haben. Die Saite war demnach in allem 90 + 14,7 = 104,7 Grade gedreht. Und damit war ihre Verlängerung 1,37 Linien. Nun wurde bey 1 Fuß Länge die Saite nicht 24, sondern $24.282\frac{1}{2}$: 144 = 47 Schwingungen gemacht haben. Demnach ist

$$47^2 : 54^2 = 1,37 : 1,61$$

und folglich springt die Saite, wenn sie auf $282\frac{1}{2}$ Linien Länge, um 1,61 Linien, oder um ihren $\frac{1}{175}$ Theil ausgedehnt wird. Für meßingene Saiten gab der vorhergehende Versuch $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

§. 434.

24. Figur. Es sey nun A D B E der Durchschnitt eines cylindrischen Stabes, welcher gebogen werden soll. Bey dem Biegen wird derselbe gegen A zusammengedrückt, gegen B aber ausgezogen, in D E aber behalten die Theilchen ihre Lage. In jedem andern Schnitte N M werden sie destomehr auseinander gezogen, je größer C P ist. C ist der Ruhepunct, und C P der Arm eines Hebels, wo man sich die zum auseinanderziehen erforderliche Kraft angebracht gedenket. Diese Kraft wird in Verhältniß von C P größer, weil in eben der Verhältniß die Theilchen destomehr auseinander gezogen werden, und demnach destomehr Kraft fordern. Es sey der Halbmesser C B = r, der Winkel M C E = ϕ, so stellt 2 r r cosϕ. d sinϕ, die in N M m n liegenden Theilchen vor. Die zum Auseinanderziehen erforderlichen Kraft für jedes Theilchen in B sey = b, so ist dieselbe in P = b. sin. ϕ, und folglich für die sämmtlichen in N M m n liegenden Theilchen = 2 r r b sin ϕ. cosϕ. d sin ϕ. Diese Kraft mit C P = r. sin ϕ multiplicirt, giebt das Moment

$$d\mu = 2\,b\,r^3.\,s\phi.^2.\,cos\phi\;d\,s\phi,$$

dessen

Deſſen Integral

$$\mu = \frac{b\,r^3}{4}(\varphi - \tfrac{1}{4}.\ \sin 4\,\varphi)$$

iſt. Und für den halben Circul D B E

$$\mu = \tfrac{1}{8}\ b\ r^3\ \pi$$

giebt. Für den halben Circul D A E muß wegen des Zuſammendrückens noch eben ſo viel gerechnet werden. Setzt man nun, die biegende Kraft ſey in der Diſtanz $= n\,r$ angebracht, und $= p$, ſo iſt ihr Moment $= n\,r\,p$. Und dieſes muß $= 2\,\mu$ ſeyn; folglich iſt

$$p = \frac{b\,r^2\,\pi}{4\,n}$$

§. 435.

Dieſe brechende oder biegende Kraft wird mit der geradeausziehenden am füglichſten verglichen, wenn man $n = 1$ ſetzt, und folglich die Kraft P ſo nimmt, wie ſie ſeyn muß, wenn ſie in der Diſtanz r angebracht wird. Die geradeausziehende Kraft ſoll alle Theilchen ſo weit von einander entfernen als ſie es beym Biegen in B ſind. Es fordern demnach alle die Kraft b. Nun ſtellt $r\,r\,\pi$ die ſämmtlichen Theilchen im ganzen Circul vor. Demnach iſt

$$P = r\,r\,b\,\pi$$

die Summe, der zum auseinanderziehen erforderlichen Kräfte, das will ſagen, die auseinanderziehende Kraft. Damit iſt überhaupt

$$P : p = r\,r\,b\,\pi : \frac{r\,r\,b\,\pi}{4\,n}$$

folglich

$$P : p = 4\,n : 1$$

$$p = \frac{P}{4\,n}.$$

§. 436.

Wenn die Stange, anſtatt rund zu ſeyn, viereckigt iſt, ſo findet man auf eben die Art

$$p = \frac{P}{3\,n}.$$

Ich habe übrigens hiebey geſetzt, daß der Ruhepunct C in die Mitte falle. Dieſes hat nun deswegen ſtatt, weil ſich bey dieſer Vorausſetzung die Stange am leichteſten bieget, und weil, wie wir vorhin geſehen haben, die ausziehende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung iſt,

§. 437.

25. Figur. Es sey nun B A eine in A befestigte Stange, welche durch ein in B angehängtes Gewicht P gebogen wird. C E sey der Halbmesser der Krümmung in C, so wird, so lange die Krümmung nicht allzu groß ist,

$$CE = \frac{CB.\ CB}{3.\ BF}$$

seyn. Dieses folgt aus der Lehre von der Beugung elastischer Stangen.

§. 438.

Da nun ferner in dem Mittelpunct der Stange C die Theilchen durch das Biegen nicht auseinander gezogen werden, so wächst das Ausdehnen von C nach D, und ist in D am größten, so wie hingegen in A das Zusammendrücken am größten ist. Da nun eben von diesem Ausdehnen und Zusammendrücken die Krümmung herrührt, so stellt D C die Ausdehnung in D für die Länge des Halbmessers D E oder eigentlich für die Länge eines Bogens vor der dem Halbmesser des Krümmungskreises gleich ist.

§. 439.

Ich befestigte nun in A D einen meßingnen Drat B C von 143 Rheinl. Linien Länge, dessen Gewicht 11,4 Gran des Berliner Pfundes betrug. Da er sich durch sein eigen Gewicht etwas herunter beugte, krümmte ich ihn so, daß er dessen unerachtet gerade und wagrecht blieb. Hierauf hängete ich an dem Ende B ein Gewichtchen von 5 Gran an. Und es bog den Drat aus F in B um 24 Linien herunter, und mit 10 Gran ziemlich genau doppelt so viel oder 48 Linien. Dieses sehr merkliche Heruntersenken, gab mir Anlaß, einen solchen Drat als eine sehr empfindliche Wage anzusehen, woran sich $\frac{1}{10}$, ja $\frac{1}{100}$ Theile von einem Gran unterscheiden ließe. Ich gebrauchte auch nachgehends einen solchen Drat zur Abwägung leichter Körper, deren Gewicht ich sehr genau zu wissen verlangte, indem ich in F B einen Maasstab setzte, der in Grane und deren Decimaltheile getheilt war.

§. 440.

In diesem Versuche war demnach der Halbmesser der Krümmung

$$CE = \frac{143.\ 143}{3.\ 24} = 285 \text{ Linien.}$$

Setze ich ferner, ein Rheinl. Cubicfuß Meßing wäge 554 Berliner Pfund, so findet sich hieraus der Halbmesser von der Dicke des Drates $= \frac{2}{15}$ Linien $=$ CD. Demnach ist die Ausdehnung in D

$$= \frac{CD}{DE} = \frac{2}{15.285} = \frac{1}{2137} \text{ Theil der Länge.}$$

Digitized by Google

Ferner ist

$$BC = 143 : \tfrac{2}{15} = 1072\tfrac{1}{2} \text{ Halbmesser des Drates.}$$

folglich (§. 434. 435.)

$$n = 1072\tfrac{1}{2}.$$
$$p = 5 \text{ Gran.}$$

Und demnach die geradeausziehende Kraft

$$P = 4\,n\,p = 21450 \text{ Gran} = 89\tfrac{3}{8} \text{ Loth.}$$

Um aber den Drat zu zerreißen, gebraucht es einer Kraft von 1500 Loth. Demnach ist

$$89\tfrac{3}{8} \text{ Loth} : 1500 \text{ Loth} = \tfrac{3}{21}\tfrac{1}{37} \text{ Ausdehnung} : \tfrac{1}{117} \text{ Ausdehnung.}$$

Also zerreißet der Drat, wenn er um $\frac{1}{117}$ Theil seiner Länge ausgezogen wird.

§. 441.

Durch einen ganz ähnlichen Versuch fand ich, daß ein eiserner Drat zerreißet, wenn er um $\frac{1}{205}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Vergleicht man nun diese beyden Versuche mit den vorhergehenden (§. 432. 433.), so ist hier die größte Ausdehnung, sowohl beym Meßing als beym Eisen um etwas geringer. Denn sie ist

	in den vorigen Versuchen.	in den gegenwärtigen
für Meßing	$\frac{1}{102}$	$\frac{1}{117}$
für Eisen	$\frac{1}{173}$	$\frac{1}{205}$

Der Unterschied beträgt für beyde Metalle nur $\frac{1}{7}$ Theil aus. Aber eben diese Proportionalität leitet zu dem Schlusse, daß in der Art, wie beyderley Versuche angestellt worden, etwas seyn muß, welches bey den letztern die Ausdehnung geringer machet als bey den erstern. Da übrigens der Unterschied nicht viel austrägt, und allenfalls das Mittel genommen werden kann, so werde ich mir hier bey dieser Untersuchung nicht länger aufhalten. Ich hatte wirklich, ehe ich die Versuche anstellte, viel größere Unterschiede erwartet, weil man die ganze Theorie immer als etwas sehr mißliches angesehen hatte, und theils in der Theorie, theils in den Versuchen ziemlich beträchtliche Fehler mit unterliefen.

Zweyter Abschnitt.
Anwendung auf die Kraft der Wärme.

§. 442.

Es soll nun, überhaupt betrachtet, gleich viel seyn, ob die Wärme oder eine äussere Kraft die Körper, z. E. metallene Stangen ausdehnt. Der Unterschied besteht auch nur darinn, daß die äußere Kraft nach einer ganz linearen und paral-

Digitized by Google

lelen Richtung wirkt, da hingegen die Wärme ihren Druck nach allen Gegenden
17. Figur. äußert. Es hat dieses aber nur den Erfolg, daß man die Kraft der Wärme nach jeder schiefen Richtung C M in eine senkrechte M P, und parallele Q M auflösen, und die Summe von letztern berechnen muß. Die Rechnung hat mit der oben (§. 393.) über die Geschwindigkeit gegebenen eine völlige Aehnlichkeit, und der Erfolg ist, daß die Summe aller schiefen Dehnungen der Summe der geraden von dem größten Circul der Sphäre gleich, und demnach halb so groß ist, als wenn sie sämmtlich parallel wären.

§. 443.

Man hat ferner allerdings darauf zu sehen, ob man bey der Wärme nur die Ausdehnung nach der Länge oder die nach dem cörperlichen Raume bestimmt. Letzteres geschieht bey den Thermometern von flüßigen Materien, (§. 222.) wie auch bey den hydrostatischen (§. 194. u. f.) ersteres aber bey dem oben (§. 217.) angeführten Versuchen, wie auch bey dem Muschenbroekschen Pyrometer. (§. 226. u. f.) Der Unterschied ist, daß, wenn man die Ausdehnung nach der Länge $= (1 + x)$ setzt, sie nach dem körperlichen Raume $= (1 + x)^3$ gesetzt werden muß.

§. 444.

Das Zerreißen durch äußere Gewalt ist überhaupt dem Zustande ähnlich, wo die Metalle durch die Hitze des Feuers anfangen, bis zum Schmelzen erweicht zu werden. Denn ein glühendes Eisen läßt sich ohne alle Mühe in die Länge ziehen. Auf diese Art wird die Ausdehnung, bey welcher ein Drat zerreißet, derjenigen ziemlich gleich seyn, die er erhält, wenn er glühet. Nun fand Muschenbroek, daß sich vom Frier- zum Siedepunct das Meßing um $\frac{1}{573}$ und das Eisen um $\frac{1}{1367}$ Theil seiner Länge ausdehnt. Die vorhin angeführten Versuche geben aber für die zum Zerreißen erforderliche Ausdehnung.

für Meßing $\frac{1}{1021}$ bis $\frac{1}{1227}$.
für Eisen $\frac{1}{1733}$ bis $\frac{1}{2066}$.

Ich habe aber diese Versuche im November 1775. und im Hernung 1777. in der Stube angestellt, wo die Wärme etwa bey dem 1050sten Grade des Luftthermometers, demnach 50 Gr. über dem Frierpunct oder 320 Gr. unter dem Siedepunct war. Für diese 320 Grade, würde sich demnach

das Meßing nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{573} = \frac{1}{1148}$ Theil.
das Eisen nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{1367} = \frac{1}{1583}$ Theil.

ausgedehnet haben. Da nun die Kraft der Wärme, so wie die ausdehnende oder spannende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung zunimmt, so haben wir für die größte Ausdehnung des Meßinges

$\frac{1}{1148}$ Ausdehnung: $\frac{1}{1021}$ Ausdehnung $= 320$ Gr. Wärme: 3602 Gr.

und $\frac{1}{1148} : \frac{1}{1227} = 320 : 2893$. Gr. Wärme.

Und dann ist

$3602 + 1050 = 4652$ Gr. des Luftthermometers

und

$$2893 + 1050 = 3943 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Die Hitze des glühenden Meßings trift demnach zwischen den 3943sten und den 4652sten Grad des Luftthermometers. Das Mittel giebt beyläufig den 4300sten Grad. Muschenbroek fand für glühend Kupfer den 4000ten Grad. (§. 227.)

§. 445.

Eben so haben wir für das Eisen.

$$\frac{1}{1583} : \frac{1}{1113} = 320 : 2890.$$
$$\frac{1}{1393} : \frac{1}{206} = 320 : 2455.$$

und folglich

$$2890 + 1050 = 3940 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$
$$2455 + 1050 = 3505 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Also würde die Hitze des glühenden Eisens zwischen den 3505. und 3940sten Grad des Luftthermometers fallen. Newton giebt nur 3122 an (§. 264.), und nach Amontons würde der 1162ste Fahrenheitische oder 3323ste Grad des Luftthermometers für weißglühendes Eisen seyn (§. 330.) Nach Robins hingegen ist es für ein im Schmiedefeuer weißglühend gemachtes Eisen der 4210te Grad. (§. 92.) An diesen Unterschieden halte ich mich nicht auf, weil der Grad, in welchem ein Metall glühend ist, zwischen ziemlich weiten Schranken abwechselt. Daran aber kann man sich mehr aufhalten, daß die hier angegebene Rechnung für glühend Meßing eine größere Hitze gibt als für glühend Eisen. Dieses kömmt aber daher, daß es nicht ausgemacht ist, ob bey beyden Metallen einerley Grad des Glühens den Grad der Ausdehnung gibt, bey welchem sie in gemäßigter Luft zerrissen werden. Das Meßing ist zäher als das Eisen, und mag aus diesem Grunde mehr Ausdehnung leiden. Sodann gebrauchte ich in der Rechnung, die von Muschenbroek angegebenen Bestimmungen. Es kann aber leicht seyn, daß sein Meßing und Eisen von dem so ich gebraucht habe, verschieden war. Anderer kleiner Umstände nicht zu gedenken. Die Absicht der hier vorgebrachten Versuche und Rechnungen gieng überhaupt nur dahin, daß sichs dadurch erforschen ließ, wiefern die Kraft der Wärme mit den Cohäsionskräften, und mittelst dieser, mit spannenden Gewichten verglichen werden konnte. Ich habe mich hieben, sowohl für das Meßing als für das Eisen an Muschenbroeks Bestimmungen gehalten. Man sieht aber aus der im §217. gegebenen Tafel, daß, wenn ich, zumal für Meßing, des P. Herbert oder D. Juan Bestimmungen hätte zum Grunde legen wollen, die Hitze für glühendes Meßing merklich würde geringer herausgekommen seyn. Ich that es aber nicht, weil mir aus andern Gründen Muschenbroeks Angaben zuverläßiger vorkommen, wenn sie auch nicht bis auf die geringsten Kleinigkeiten richtig sind (§. 218. 219. 230. 288.)

Digitized by Google

§. 446.

Mariotte hat durch Versuche gefunden, daß Glas zerreißet, wenn es zwischen $\frac{1}{432}$ und $\frac{1}{384}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Da er die Versuche wohl nicht in der Winterkälte angestellt hat, so werde ich für diese, die letztere Bestimmung annehmen, und demnach setzen, daß das Glas vom Frierpunct bis zum Glühen oder Schmelzen um $\frac{1}{384}$ Theil seiner Länge ausgedehnt werde. Nun schmelzt nach Amontons Versuche (§. 330.) dünnes Glas, das vielleicht an sich schon leichtflüßig war, beym 766 Fahrenheitischen oder 2509ten Grade des Luftthermometers. Dieses giebt 1509 Grad über dem Frierpunct: Demnach

$$1509 : 370 = \frac{1}{384} : \frac{1}{1385}$$

Das Glas dehnt sich also diesen Angaben zufolge vom Frierpunct bis zum Siedepunct um $\frac{1}{1385}$ oder 0,00064 seiner Länge aus. Diese Bestimmung kömmt unter den drey oben (§. 217) angegebenen, der von D. Juan am nächsten, die an sich schon zwischen denen von Herbert und Bouguer das Mittel hält, übrigens aber von beyden merklich abgeht.

§. 447.

Vergleichungen von dieser Art gehen nun bey weichen Körpern wenig oder gar nicht an, und beym Holze ebenfalls nicht, weil sich dabey das hygrometrische mit dem pyrometrischen vermengt. (§. 221.) Ich habe indessen einen Stab von Birnbaumholze, welcher 390 rheinl. Linien lang, $6\frac{1}{4}$ breit und 4 dick war, durch Anhängung eines halben Berliner Pfundes am einen Ende auf 46,5 Linien her-
25. Figur. untergebogen. Hieraus ergab sich der Halbmesser der Krümmung in C,

$$CE = \frac{390 \cdot 390}{3 \cdot 465} = 1090 \text{ Linien.}$$

und die Ausdehnung in $D = \frac{2}{1090} = \frac{1}{545}$ Theil der Länge. Die in einer Distanz $= CD = 2$ Linien anzubringende biegende Kraft würde ferner

$$= \frac{390}{2} \cdot \frac{1}{2} = 97\frac{1}{2} \text{ Pfund}$$

seyn. Nun ist (§. 436.) die gerade hinauszerreißende zmal größer, demnach $= 292\frac{1}{2}$ Pfund für $\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{48} = \frac{2}{144}$ Rheinl. Quadratzoll Durchschnitt. Nun wird nach Muschenbroek das Holz von $\frac{200}{10000}$ Quadratzoll Dicke, mit etwa 1000 bis 1200 Pfund Kraft zerrissen. Dieses giebt für $\frac{2}{144}$ Quadratzoll eine Kraft von 2400 und mehr Pfund. Und damit wäre.

$$292\frac{1}{2} \text{ Pfund} : 2400 \text{ Pfund} = \frac{1}{545} : \frac{1}{8\frac{1}{4}} \text{ Ausdehnung.}$$

Das Holz dehnt sich demnach, ehe es zerreißet, um $\frac{1}{8\frac{1}{4}}$ Theil seiner Länge aus. Dieses würde nun auch die Wärme thun, wenn nicht das Holz beym Erhitzen sehr stark eintröcknete.

§. 448.

Die bisher angegebene Vergleichung der Kraft der Wärme mit der spannenden Kraft, giebt nun näher an, was man durch die Kraft der Wärme in den Körpern zu verstehen hat. Beyde beziehen sich auf die Durchschnittsfläche, die man sich gedenkt, wenn die an derselben liegenden Theilchen des Körpers getrennt

Digitized by Google

werden ſollen. Aus dem §. 428. ergiebt ſich, daß dieſe Kräfte, ſofern ſie auf eine Quadratlinie Rheinl. wirken

bey Meßing = 835 Pfund.
bey Eiſen = 976 Pfund.

und demnach allerdings ſehr beträchtlich ſind.

§. 449.

Nun haben wir oben (§. 47. f.) die Kraft der Wärme in der Luft ungleich geringer gefunden, dabey aber doch angemerkt, daß einerley Wärme in dichterer Luft mehr Kraft hat, je dichter die Luft iſt. Die Kraft der Wärme in der äußern Luft iſt ihrer Schnellkraft und demnach dem Drucke einer Queckſilberſäule von etwa 28 Rheinl. Zollen gleich. Dieſes giebt auf eine Quadratlinie einen Druck von 0,102 Pfund, welcher demnach 8000 bis 9000mal geringer iſt, als der Druck der Wärme auf eine Quadratlinie in glühendem Meßing oder Eiſen. Es laſſen ſich nun aber dieſe Verhältniſſe näher zuſammenrücken. Denn einmal iſt die Kraft der Wärme bey glühenden Metallen 4mal ſtärker als in der Kälte des Frierpuncts, dadurch werden die 8000 auf 2000 herunter geſetzt. Wenn nun aber die Luft auch nur waſſerdichte (§. 55.) zuſammengepreßt gedacht wird, ſo wird die Kraft, Wärme, und Elaſticität derſelben, zufolge der Mariottiſchen Regel, 800mal ſtärker. Damit kommen wir den erſtbemeldten 2000 ſchon merklich näher. Es kann aber leicht ſeyn, daß die ſogenannte fixe Luft in den Körpern noch dichter iſt. (§. 52.)

§. 450.

Dieſer Umſtand, daß einerley Wärme in dichterer Luft und ſo auch in dichtern Körpern mehr Kraft hat, rührt nun großentheils daher, daß die Theilchen der Körper den Stoß, ſo ſie von den Feuertheilchen erhalten fortpflanzen, und ihn, ſo zu ſagen, dadurch vervielfältigen. Außerdem kann es auch ſeyn, daß, da die Feuertheilchen von den Körpern an ſich gezogen werden, ihre Geſchwindigkeit beym Eindringen vermehret wird, und eben dadurch mehrere Kraft erhält, die, wenn die Feuertheilchen wieder aus dem Körper weggehen, ebenfalls wieder wegfällt. Hiezu kömmt dann noch das Zurückeprallen der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, (§. 387.) welche machet, daß von den Feuertheilchen, die z. E. aus Waſſer in Waſſer übergehen würden, der größte Theil, nemlich $\frac{9}{10}$ zurückprellt, wenn ſie aus Waſſer in Luft gehen ſollen. Dieſes macht, daß von den Feuertheilchen, die ſich im Waſſer das Gleichgewicht halten, nur der $\frac{1}{10}$ Theil nöthig iſt, um den Feuertheilchen in der Luft das Gleichgewicht zu halten. Damit aber dieſer $\frac{1}{10}$ Theil das Gleichgewicht halten könne, ſind dennoch die übrigen $\frac{9}{10}$ in dem Waſſer nothwendig, weil immer auch die Cohäſionskräfte der Waſſertheilchen von Seiten der Feuertheilchen ein Gleichgewicht fordern.

§. 451.

Es trägt nun ebenfalls der Umſtand, daß die Theilchen der Körper den Stoß der Feuertheilchen fortpflanzen, und ſo zu ſagen, vervielfältigen, mit dazu

bey, daß in dichtern Körpern zu gleicher Wärme weniger Feuertheilchen erfordert werden, als in lockeren Körpern. Nur muß man daraus nicht schließen, daß die Menge in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit sey, oder von der Dichtigkeit allein abhänge. Die Cohäsionskräfte kommen noch viel mehr als die Dichtigkeit in Betrachtung. Wir haben oben (§. 308.) gefunden, daß bey gleicher Wärme die Menge der Feuertheilchen in einem Cubikzolle Queckſilber, Weingeiſt und Waſſer ſich wie die Zahlen 4, 6, 7 verhalte. Dieſe Zahlen ſind nicht nur nicht in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit oder ſpecifiſchen Schwere, ſondern gehen in Anſehung des Weingeiſtes, der noch leichter als das Waſſer iſt, ganz davon ab. Eine ähnliche Ausnahme fand man bey dem Aufſteigen des Weingeiſtes in den Haarröhrchen, als man ſahe, daß das Waſſer in denſelben faſt um die Hälfte höher ſtand. Man hatte das Gegentheil erwartet, weil der Weingeiſt leichterer Art iſt. Die Erwartung ſchlug fehl, und man mußte den Schluß machen, daß der größern Leichtigkeit unerachtet, die Cohäſionskräfte im Weingeiſte ſtärker ſind als im Waſſer. Einen ganz ähnlichen Umſtand fand man auch bey der Stralenbrechung, die im Weingeiſte ſtärker als im Waſſer iſt. Newton ſchloß daraus, daß der Weingeiſt die Lichtſtralen mit mehr Kraft gegen ſich ziehe als das Waſſer. Und dieſes mag wohl auch in Anſehung der Feuertheilchen ſtatt haben.

§. 452.

Da die Kraft, womit die Wärme feſte Körper ausdehnt, beträchtlich groß iſt, ſo iſt man auch längſt ſchon auf die Gedanken gerathen, eine ſo große Kraft zu nutzen. Was aber dabey hinderlich war, iſt, daß eine ſo große Kraft einen ſehr kleinen Weg durchläuft, und demnach bey Maſchinen nicht viel damit auszurichten iſt. Indeſſen iſt man, ſo viel ich weiß, darauf verfallen, vermittelſt der Ausdehnung der Metalle, eine Uhr zu machen, die ſich bloß durch die Abwechslung von Wärme und Kälte von ſelbſt aufzieht. Bey Taſchenuhren iſt die zum Aufziehen nöthige Kraft geringe. Trägt man ſie bey ſich, ſo erwärmen ſie ſich leicht bis auf den 30ſten Reaumurſchen Grad, und wenn man ſie wieder von ſich legt, ſo nehmen ſie die, mehrentheils um 10, 20 bis 30 Grade, geringere Wärme der Luft an.

§. 453.

Ueber die ausdehnende Kraft der Wärme können wir nun, vermöge der vorhergehenden Verſuche, folgenden Ueberſchlag machen. Aus den Beſtimmungen (§. 441.) ein Mittel genommen iſt, die größte Ausdehnung

des Meßings $\frac{1}{115}$
des Eiſens $\frac{1}{130}$

ſeiner Länge. Und dazu werden, wenn die Stange eine Quadratlinie Rheinl. dicke iſt. (§. 428.)

beym Meßing 835 Pfund,
beym Eiſen 976 Pfund

Kraft

Digitized by Google

Kraft erfordert. Nun dehnt sich nach Muschenbroek vom Frier- zum Siedepunct

das Meßing um $\frac{1}{960}$ Theil,
das Eisen um $\frac{1}{1367}$ Theil

seiner Länge aus. Demnach haben wir

$\frac{1}{115}$: $\frac{1}{960}$ = 835 Pfund : 97 Pfund.
$\frac{1}{100}$: $\frac{1}{1367}$ = 976 Pfund : 136 Pfund.

Also ist für 80 Reaumursche Queckſilbergrade die Kraft eine Quadratlinie dicke Stange auszudehnen

beym Meßing = 97 Pfund,
beym Eisen = 136 Pfund.

Und dieses giebt für jeden Grad

beym Meßing 1, 2 Pfund,
beym Eisen 1, 7 Pfund.

Ist die Stange dicker, so nimmt diese Kraft in Verhältniß der Quadratfläche der Dicke zu. Sie ist also für 1 Quadratzoll dickes

Meßing = 175 Pfund,
Eisen = 245 Pfund,

so oft die Wärme um einen Grad des Reaumurschen Queckſilberthermometers zunimmt.

§. 454.

Bey flüßigen Materien sind die Cohäsionskräfte durch die Wärme schon größtentheils gehoben. Indessen bleibt doch noch ein Theil davon übrig. Und es scheinet, daß selbst der Druck der äußern Luft zur Verstärkung derselben etwas beyträgt, weil bey schwererer Luft siedend Wasser mehr Hitze erhalten kann. Nach den oben (§. 193.) angeführten de Lucschen Versuchen, ist die Hitze

Barom.	Reaum. §. Therm.	Luftthermometer.
29 Zoll.	81, 8	1378, 3
19 Zoll.	72, 8	1336, 7
folglich : : 0	55, 7	1257, 6

Demnach verstärkt der Druck der Luft von 29 Pariser Zollen Barometerhöhe die Hitze des siedenden Wassers um 1378, 3 — 1257, 6 = 120, 7 Grae des Luftthermometers, welches für 28 Zoll Barometerhöhe 116, 5 Grade giebt. Da demnach in luftleerem Raume das siedende Wasser noch die Kraft der Wärme von 1257, 6 Graden des Luftthermometers aushält, und durch den Druck der äußern Luft nur um 116, 5 Grade oder $\frac{1}{11}$ Theil verstärkt wird, so folgt hieraus, daß die im siedenden Wasser noch wirkende Cohäsionskräfte so viel als der 11fache Druck

der äußern Luft betragen. Der Druck der äußern Luft auf eine Quadratlinie beträgt $\frac{1}{10}$ Pfund (§. 449.) Und so mag der Druck der Cohäsionskräfte im siedenden Waſſer auf eine Quadratlinie etwa ein Pfund betragen.

Zweytes Hauptſtück.

Kraft der Wärme bey Miſchungen.

Erſter Abſchnitt.

Schmelzbarkeit gemiſchter Materien.

§. 455.

Wenn flüßige oder flüßiggemachte Materien durch einander gemiſcht werden, ſo ändert ſich nicht nur ihre Dichtigkeit, ſondern auch die Cohäſionskräfte, und mit dieſen auch die Wirkungen der Wärme, ſo daß ſie nachgehends leichter oder ſchwerer in Fluß zu bringen ſind. Daher ſind die verſchiedene Lothe entſtanden, die von Zinngießern, Kupfer- Silber- und Goldſchmieden ꝛc. zum Löthen gebraucht werden. Man nennet Schnellloth, was leicht und ſchnell löthet, und dieſes wird gewöhnlich aus 5 Theilen Wismuth, 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley zuſammengeſchmolzen. Es braucht zum Schmelzen kaum eine gröſſere Hitze als die von ſiedendem Waſſer iſt. Und wenn das Barometer über 28 Pariſer Zollen hoch ſteht, ſo ſchmelzt es in ſiedendem Waſſer. Das ſchwerflüßigere Schnellloth beſteht aus 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley. Man nennt ferner Schlagloth, was beym Hämmern nicht losgeht. Um Gold zu löthen, iſt das leichtflüßigſte aus 2 Theilen Gold, 1 Theil Silber und 1 Theil Kupfer zuſammengeſetzt. Um Silber zu löthen, beſteht das feine Schlagloth aus 2 Theilen Silber und einem Theile Meßing, das harte aus 2 Theilen Probeſilber und einem Theil Meßing, das weiche aus 8 Theilen Probeſilber und einem Theile Zink. Endlich um Meßing zu löthen werden zu einem Theile Zink 3 bis 5 Theile Meſſing genommen.

§. 456.

Unter denen Verſuchen, die Newton über verſchiedene Grade der Wärme angeſtellt hat, (§. 105. 264.) kommen die von den Graden der Flüßigkeit verſchiedener Miſchungen auch vor. Es ſind in ihre behörige Claſſen geordnet folgende:

Digitized by Google

Grade des Luftthermometers.	ſchmelzende oder zu fließen auf hörende Materien.
1763	ſtockend Zinn.
1785	ſchmelzend Zinn.
1880	ſchmelzender Wismuth.
2032	ſtockend Bley.
2043	ſchmelzend Bley.
1522	ſchmelzend Loth von 1 Theil Zinn, 1 Theil Bismuth.
1620	ſchmelzend Loth von 2 Theilen Zinn, 1 Theil Bismuth, wie auch ſtockend Loth von 5 Theilen Zinn und 2 Theilen Wismuth.
1740	ſchmelzend Loth von 8 Theilen Zinn, 1 Theil Wismuth.
1620	ſchmelzend Loth von 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley.
1880	ſchmelzend Loth von 1 Theil Zinn und 4 Theilen Bley.
1620	ſtockend Loth von gleich viel Bley und Bismuth.
1447	1 ♄ + 4 ♃ + 5 Bismuth ſchmelzt.
1370	2 ♄ + 3 ♃ + 5 Bismuth ſchmelzt.
2539	ſtockender Reg. ♂ mart.
2480	5 Theilen Reg. + 1 Theil Zinn ſtocken.
2240	ſchmelzende Miſchung von gleich viel Reg. und ♃.
2140	ſchmelzende Miſchung von 7 Theilen Bismuth und 4 Theilen Reg.
2479	ſchmelzende Miſchung von 1 Theil Bismuth und 2 Theilen Reg.

§. 457.

Es ſtelle nun B ♃ das Gewicht der Miſchungen von Bismuth und Zinn vor, und für jede Miſchung nehme man einen Punct an, der deſto näher bey ♃ ſey, je mehr Zinn in der Miſchung iſt, daß ſich B ♃ zu B P verhalte, wie das Gewicht der Miſchung zu dem Gewichte des darinn befindlichen Zinnes. Sodann trage man den zum Schmelzen derſelben erforderlichen Grad des Luftthermometers oder eigentlich den Ueberſchuß über 1370, als den Grad der leichteſten Schmelzbarkeit nach dem in B gezeichneten Maaßſtabe aus P in M: ſo wird man eben ſo viele Ordinaten erhalten als in vorſtehender Tafel Miſchungen von Wismuth und Zinn angegeben ſind. Die Miſchungen von Zinn und Bley trage man auf eben die Art zwiſchen ♃ ♄, und die von Bley und Wismuth zwiſchen ♄ W. In B, ♃, ♄, W trage man den Grad der Schmelzbarkeit von Bismuth, Zinn, Bley und nochmals Bismuth auf. Eben ſo verfahre man zwiſchen C D mit denen Miſchungen, wo zum Bismuth noch Bley und Zinn zugleich genommen wor- 16. Figur.

den, und auf C, D richte man die Ordinaten für den Grad der Schmelzbarkeit auf, wo zum Wismuth nur Bley oder nur Zinn genommen worden.

§. 458.

Der Erfolg zeigt, daß die Ordinaten so ziemlich in geraden Linien liegen, und in der That als solche angenommen werden können. Es giebt also bey jeder Art von Mischung dieser drey Materien eine Mischung, wo der Grad der Schmelzbarkeit am geringsten ist, man mag sie nun zu zween und zween oder alle drey zusammenmischen. Dieser Grad der leichtesten Schmelzbarkeit läßt sich aus Newtons Angaben nicht unmittelbar finden. Es finden sich aber zween Umstände, welche machen, daß er durch Schlüsse noch so ziemlich genau herausgebracht werden kann. Der erste ist der so eben erwähnte, daß nemlich die Ordinaten in geraden Linien liegen. Dieses macht, daß es nur nöthig ist, die Puncte F, H, K, L zu finden, bis wohin diese Linien müssen verlängert werden. Der zweyte Umstand ist der Satz, daß die Verhältniß, welche bey der Mischung zwoer Materien die leichteste Schmelzbarkeit bewirkt, eben dieselbe bleibt, wenn man für die Mischung aller drey Materien den Grad der leichtesten Schmelzbarkeit finden will. Dieser Satz kann durch sich selbst geprüft werden, weil von den drey Verhältnissen zwey, das dritte an sich schon bestimmen.

§. 459.

S. z. E. wenn eine Mischung von 3 Theilen 24 + 2 Theilen ħ leichter schmelzt als andere Verhältnisse, so wird diese leichteste Schmelzung bleiben, wenn noch Bismuth hinzukömmt. Also wird 24 G = O D seyn. Und die Erfahrung giebt, daß zum leichtflüßigsten Loth

$$5\,B + 3\,24 + 2\,ħ$$

genommen werden. Nach diesen Verhältnissen wird man

$$B\,E = \frac{3}{5+3} \cdot B\,24$$

und

$$I\,W = \frac{2}{5+2} \cdot W\,ħ$$

erhalten. Und damit sind die Ordinaten für die Grade der leichtesten Schmelzbarkeit bestimmt.

§. 460.

17. Figur. Man lege nun ferner die drey Linien B 24, 24 ħ, ħ W in Form eines Triangels, so werden sich die aus den Puncten E, G, I nach den Ecken ħ, B, 24 gezogenen Linien in dem Punct O durchschneiden. Und dieses wird der Punct der leichtesten Flüßigkeit für alle drey Materien seyn. Dieser Triangel kann nun alle mögliche Mischungen von Zinn, Bley und Bismuth vorstellen. Man gedenkt

Digitized by Google

ſich das Gewicht einer jeder dieſer Materien in den Ecken 4, ♄, B, und man ſuche den gemeinſamen Schwerpunct, ſo wird dieſer den Ort angeben, wo die Miſchung muß geſetzt werden. Wenn man z. E. für die leichtflüßigſte Miſchung in 4 3, in ♄ 2, in B 5 gleiche Gewichte ſetzt, ſo fällt ihr gemeinſamer Schwerpunct in O.

§. 461.

Man gedenke ſich nun ferner, daß der Triangel der Boden eines Prisma ſey, deſſen Höhe über den Puncten B, E, 4, G, ♄, I, O die Grade der zum Schmelzen erforderlichen Wärme oder die Ordinaten eben dieſer Puncte in der 26ſten Figur ſind, ſo wird dieſes Prisma ein ſechsflächichtes Dach erhalten, und die aus den vorhin (§. 460.) erwähnten Schwerpuncten bis an dieſes Dach aufgerichteten Ordinaten, werden den Grad der Schmelzbarkeit angeben.

§. 462.

Man hat bey der Miſchung von Metallen, ſo wie auch bey andern flüſſigen Materien ſchon bemerkt, daß ſie in Abſicht auf die Dichtigkeit oder Schwere der archimediſchen Regel nicht immer folgen. Hier ſieht man, daß ſie in Anſehung des Grades der Schmelzbarkeit eine ganz eigene Wendung nehmen. Man muß ſich z. E. zwiſchen Wismuth, welches bey dem Grade der Wärme b ſchmelzt, und zwiſchen Zinn, welches den Grad der Wärme Z erfordert, eine leichtflüſſigſte Miſchung gedenken, welche zum Schmelzen nur den Grad der Wärme F verlangt, und die aus B E Theilen Zinn und E 4 Theilen Wismuth zuſammengeſetzt iſt. Dieſe Miſchung iſt die leichtflüßigſte, und muß in der Rechnung zum Grunde gelegt werden. Sie beſteht aus 5 Theilen Wismuth und 3 Theilen Zinn. 26. Figur.

§. 463.

Setzt man nun dieſer Miſchung etwas Zinn zu, ſo erhält man eine Miſchung, welche zwiſchen E, 4 fällt. Hingegen fällt ſie zwiſchen E, B, wenn man Wismuth zuſetzt. Im erſten Fall dient die Linie F Z, um den Grad der Schmelzbarkeit zu beſtimmen: im andern Fall aber muß die Linie F b gebraucht werden.

§. 464.

Man ſetze, daß man eine Miſchung von B Theilen Wismuth und 4 Theilen Zinn habe, ſo iſt B + 4 das Gewicht derſelben und der ganzen Abſciſſe B 4 = 1 proportional. Iſt nun an ſich ſchon B: 4 = 5: 3, ſo iſt auch die Miſchung an ſich ſchon die leichtflüßigſte. Wir wollen aber ſetzen, daß zu viel Zinn darinn ſey, ſo wird B: (B + 4) > B E ſeyn. Es ſey demnach

$$\frac{4}{B + 4} = B P$$

Da nun

$$B E = \frac{4}{7}$$

Digitized by Google

so wird

$$E\,P = \frac{A}{B + A} - \tfrac{1}{3} = \frac{5\,A - 3\,B}{8\,(B + A)}$$

und dieses giebt

$$P\,M = E\,F + \frac{5\,A - 3\,B}{5\,(B + A)} \cdot (A\,Z - E\,F)$$

den zum Schmelzen der Mischung erforderlichen Grad der Wärme.

§. 465.

Diese Formel löset sich in folgende auf:

$$P\,M = \frac{(1 + \tfrac{1}{3})\,B.\,E\,F + (A - \tfrac{1}{3}B).\,A\,Z}{B + A}$$

Hier ist nun $(1 + \frac{1}{3}B)$ der leichtflüßigste Theil der Mischung. Denn zu B Theilen Wismuth müssen $\frac{1}{3}$ B Theile Zinn genommen werden. (§. 462.) Man siehe auch in dem zweyten Gliede, daß diese $\frac{1}{3}$ B Theile von den A Theilen Zinn abgezogen sind, so daß also noch $A - \frac{1}{3}B$ Theile Zinn bleiben. Diese Formel will demnach sagen, es seyen in der Mischung

$(1 + \frac{1}{3})$ B Theile vom leichtflüßigsten Loth, welche bey dem Grade der Wärme E F schmelzen, und dann noch

$(A - \frac{1}{3}B)$ Theile Zinn, welche bey dem Grade der Wärme A Z schmelzen; und daß, wenn von diesen Theilen ein jeder mit seinem Grade der Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse B + A getheilt wird, man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung erhalte.

§. 466.

Dieses ist für den Fall, wo P zwischen E A fällt. Ist hingegen zu viel Wismuth in der Mischung als daß sie am leichtflüßigsten seyn könnte, so wird P zwischen B E z. E. in Q fallen, und

$$\frac{A}{B + A} < \tfrac{1}{3}$$

seyn. Man erhält alsdann den Grad der Schmelzbarkeit

$$Q\,N = E\,F + \frac{3\,B - 5\,A}{3\,(B + A)} \cdot (B\,b - E\,F)$$

oder

$$Q\,N = \frac{(1 + \tfrac{1}{3})\,A.\,E\,F + (B - \tfrac{1}{3}A).\,B\,b}{B + A}$$

Diese letztere Formel zeigt ebenfalls, daß $(1 + \frac{1}{3})$ A vom leichtflüßigsten Lothe, und dann noch $(B - \frac{1}{3}A)$ Theile Wismuth in der Mischung sind, daß jeder die-

Digitized by Google

ser Theile mit dem Grade seiner Schmelzbarkeit müsse multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse B + 24 getheilt werden.

§. 467.

Was ich hier von Wismuth und Zinn gesagt habe, gilt ebenfalls, wenn Wismuth und Bley, oder Zinn und Bley gemischet werden. Man gebraucht alsdann die Abscissen ħ W oder 24 ħ. Ich werde nun aber aufs allgemeinste den Fall vornehmen, wo die Mischung aus allen drey Materien zusammengesetzt, und demnach = B + 24 + ħ ist.

§. 468.

Wegen leichterer Berechnung setze ich jede der drey Seiten des Triangels 27. Fig. B 24 ħ = 1. Sodann setze ich den Fall, wo in der Mischung am meisten Zinn und am wenigsten Wismuth ist, nemlich nach Maaße dessen, was zur größten Leichtflüßigkeit erfordert wird. Diesemnach wird

$$Y\,24 = \frac{ħ}{24 + ħ}$$

gemacht und B Y gezogen. Ferner machet man

$$B\,A = \frac{24 + ħ}{B + 24 + ħ}$$

und demnach

$$A\,24 = \frac{B}{B + 24 + ħ}$$

und zieht A T mit 24 ħ parallel; so wird T der fürgegebenen Mischung entsprechende Punct seyn.

§. 469.

Man ziehe ferner aus O durch T die Linie O S. In G und 24 gedenke man sich die Grade der Schmelzbarkeit G H, 24 Z aus der 26sten Figur als auf der Ebene des Triangels aufgerichtet, so wird S V der Grad der Schmelzbarkeit für den Punct S seyn, und eben so wird T t den Grad der Schmelzbarkeit für den Punct T vorstellen.

§. 470.

Um nun den Werth von T t zu bestimmen, ziehe man O X mit 24 ħ parallel, so ist

$$X\,24 = \tfrac{1}{2}.$$
$$X\,O = \tfrac{1}{5}.$$
$$G\,24 = \tfrac{3}{5}.$$

und ferner

$$A\,T = \frac{BA}{B\,24}.\ 24\,Y = \frac{ħ}{B + 24 + ħ}$$

$$A X = \tfrac{1}{2} - A \mathcal{4} = \frac{\mathcal{4} + \hbar - B}{2 (B + \mathcal{4} + \hbar)}$$

und

$$A X : (X O - A T) = X \mathcal{4} : X (O - S \mathcal{4})$$

woraus

$$S \mathcal{4} = \frac{5 \hbar - 2 B}{5 (\mathcal{4} + \hbar - B)}$$

gefunden wird.

§. 471.

Wir haben nun ferner

$$S V = \mathcal{4} Z - \frac{S \mathcal{4}}{\mathcal{4} G} (\mathcal{4} Z - G H)$$

welche Gleichung

$$S V = \frac{\mathcal{4} Z (\mathcal{4} - \frac{1}{2} \hbar) + (\frac{1}{2} \hbar - B) . G H}{\mathcal{4} + \hbar - B}$$

giebt. Endlich findet sich

$$T t = \frac{S V . A X}{X \mathcal{4}}$$

woraus

$$T t = \frac{(\mathcal{4} - \frac{1}{2} \hbar) \mathcal{4} Z + (\frac{1}{2} \hbar - B) . G H}{B + \mathcal{4} + \hbar}$$

folgt. Und um so viel erfordert die Mischung mehr Hitze als zu der leichtflüßigsten Mischung (5 B + 3 $\mathcal{4}$ + 2 $\hbar$) nöthig ist.

§. 472.

Aus dieser Formel wird nun wiederum folgende Berechnungsart hergeleitet. Da in der Mischung am wenigsten Wismuth ist, so wird der leichtflüßigste Theil derselben aus

B Theilen Wißmuth,
$\frac{3}{2}$ B Theilen Zinn,
$\frac{2}{3}$ B Theilen Bley

bestehen. Diese ziehe man von der ganzen Masse ab, und es bleiben

$\mathcal{4} - \frac{3}{2}$ B Theile Zinn,
$\hbar - \frac{2}{3}$ B Theile Bley

Da nun ebenfalls am wenigsten Bley ist, so wird der leichtflüßigste Theil von diesem Ueberreste aus

$\hbar - \frac{2}{3}$ B Theilen Bley,
$\frac{3}{2} (\hbar - \frac{2}{3} B)$ Theilen Zinn

bestehn,

bestehn, und wenn man auch diese abrechnet, werden noch

$$(24 - \tfrac{1}{2}B) - \tfrac{1}{2}(\hbar - \tfrac{2}{3}B) = 24 - \tfrac{1}{2}\hbar$$

Theile Zinn bleiben.

§. 473.

Die Mischung kann demnach angesehen werden, als wäre sie aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

1°. Aus $B + \tfrac{1}{2}B + \tfrac{2}{3}B = 2$ B Theilen vom leichtflüßigsten Schnellloth, so aus B, 24, ħ gemacht werden kann.

2°. Aus $(\hbar - \tfrac{2}{3}B) + \tfrac{1}{2}(\hbar - \tfrac{2}{3}B) = \tfrac{3}{2}\hbar - B$ Theilen vom leichtflüßigsten Loth, so aus 24, ħ gemacht werden kann.

3°. Aus $24 - \tfrac{1}{2}\hbar$ Theilen Zinn.

Nun wird jede dieser Portionen mit dem Grade ihrer Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 24 + \hbar$ getheilt. Und so erhält man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung.

§. 474.

Da ich, Kürze halber, nur den Ueberschuß über den geringsten Grad der Schmelzbarkeit genommen, und demnach diesen = o gesetzt habe; so fällt das erste Product weg. Die beyden andere geben den Ueberschuß

$$T\,t = \frac{(24 - \tfrac{1}{2}\hbar).\ 24\ Z + (\tfrac{1}{2}\hbar - B).\ G\ H}{B + 24 + \hbar}$$

welches gerade die vorhin (§. 471.) gefundene Formel ist.

§. 475.

Ein Mittel aus den Newtonschen und andern Versuchen genommen, finde ich nun folgende Grade der Schmelzbarkeit und größten Leichtflüßigkeit:

Grade des Luftthermometers.	Ordinaten.	eben die in Graden des Luftthermometers.	in Graden des Fahrenh. Thermometers.	Mischungen.	Grade des Fahrenh. Thermom.
1880	B b	510	248	Bismuth.	460
1814	24 Z	444	216	Zinn.	428
2040	ħ p	670	316	Bley.	538
1442	E F	72	35	$5B + 3\,24$	247
1440	I K	70	34	$5B + 2\,\hbar$	246
1614	G H	214	129	$3\,24 + 2\,\hbar$	331
1370	O	o	o	$5B + 3\,24 + 2\,\hbar$	212

Digitized by Google

§. 476.

Wenn nun der Grad der Schmelzbarkeit einer Mischung aus Bismuth, Zinn und Bley zu berechnen, so sieht man nach, wieviel von dem leichtflüßigsten Loth darinn ist, und wieviel noch von einem der drey übrigen leichtflüßigern Lothen darinn enthalten seyn mag. Es seyn z. E. die Mischung = 5 B + 4 ♃ + 1 ♄, so wird die Rechnung, um Brüche zu vermeyden, am füglichsten folgendergestalt gemacht:

B	♃	♄				
10	+ 8	+ 2	= 20 die fürgegebene Mischung.			
5	+ 3	+ 2	= 10.	1370	=	13700
5	+ 5					
5	+ 3		= 8.	1442	=	11536
	2		= 2.	1814	=	3628
			20			28864

$$\frac{28864}{20} = 1443,2.$$

Newton fand : : : 1447

und demnach nur um etwas weniges mehr. In dieser Mischung war am wenigsten Bley. Dieses bestimmte demnach, wie viel von dem leichtflüßigsten Loth darinn war. Für die Mischung von gleich vielen Theilen, steht die Rechnung folgendermaaßen:

B	♃	♄				
15	15	15				
15 +	9 +	6	= 30.	1370	=	41100
	6 +	9				
	6 +	4	= 10.	1614	=	16140
		5	=	5. 2040	=	10200
				45		67440

$$\frac{67440}{45} = 1499$$

Die gleichtheilige Mischung schmelzt demnach beym 1499 oder 1500ten Grade des Luftthermometers.

§. 477.

Nach dieser Berechnungsart habe ich nun die oben (§. 265.) von Ziegler angegebenen Mischungen vorgenommen, und finde folgende Unterschiede:

Digitized by Google

Mischungen.			Grade des Lufthermometers.		Unterschiede.
B	♃	♄	berechnet.	beobachtet.	
5 +	3 +	2	1370	1374	+ 5
5 +	4 +	2	1410	1425	+ 15
5 +	5 +	2	1425	1475	+ 50
5 +	6 +	2	1472	1516	+ 44
5 +	7 +	2	1497	1545	+ 48
5 +	8 +	2	1518	1563	+ 45
5 +	13 +	2	1592	1608	+ 16
5 +	23 +	2	1666	1633	— 33

Die Unterschiede sind ziemlich groß. Es ist aber zu bemerken, daß Ziegler die Versuche auf seinem Siedetopfe mit größern Massen angestellt hat, wo das in denselben stehende Thermometer langsamer als die Materien selbst erkältete. Es kann auch seyn, daß sein Wismuth, Zinn und Bley mit dem Newtonischen nicht von gleicher Beschaffenheit gewesen. Und dann, wenn diese Materien erst flüßig gemacht werden, so geschieht es leicht, daß ein Theil davon verbrennt, und dieses mag das Verhältniß zwischen denselben ziemlich stark ändern.

§. 478.

Newton hat noch mit Mischungen von Reg. ☿ ♂, Wismuth und Bley Versuche angestellt. (§. 457.) Ich habe dieselben in der 28sten Figur nach einerley Maaßstab, wie die vorhergehenden, gezeichnet. Man sieht daraus, daß die Mischungen schwerflüßiger werden als sie nach einer der archimedischen ähnlichen Regel werden sollen. Denn diese Regel würde fordern, daß $b\mu Z$, und so auch $\mathfrak{B} \nu Z$ gerade Linien seyn. Beyde aber biegen sich aufwärts, wiewohl letztere nur um etwas sehr weniges. 28. Figur.

§. 479.

Es hat Ziegler einen nicht unbeträchtlichen Gebrauch von solchen Mischungen vorgeschlagen, da sie für größere Grade von Hitze als Thermometer dienen können, wo man einen Körper nur bis auf einen bestimmten Grad erwärmen oder auch dessen Wärme bestimmen will. Man mache aus solchen Mischungen dünne Stänglein, so daß ein jedes seinen bestimmten Grad von Schmelzbarkeit habe. Drückt man nun die Spitze eines solchen Stängleins an den erhitzten Körper, so sieht man ohne Mühe, ob die Spitze zu schmelzen anfängt oder ob sie nur weich wird. Mit Wismuth, ♃, ♄, Reg. ♂ können solche gemacht werden, die vom Siedepunct an bis zum 2600ten Grad des Lufthermometers gehen. Vom 1370sten bis zum 1614ten, muß nothwendig Wismuth mitgebraucht werden. Für die höhern Grade aber thut man besser, wenn man nur Zinn und Bley ge-

Digitized by Google

braucht, weil diese besser fließen. Weiter hinaus kann man noch ohne Mühe schwerflüßigere Lothe finden. (§. 455.) Die Berechnung hat mit der sogenannten Alligationsregel viele Aehnlichkeit.

§. 480.

Uebrigens kömmt außer dem Umstande, daß beym Zusammenschmelzen solcher Mischungen ein Theil verbrennt wird, noch der Unterschied der verschiedenen Güte der Metalle selbst vor. Herr Marggraf hat mir einige Versuche mitgetheilt, die er um das leichtflüßigste Schnellloth zu bestimmen, mit reinem Zinn, Bley und Wismuth angestellt hat, als er vernommen, man habe in England eine Mischung gefunden, welche in kochendem Wasser flüßig würde. Da seine Absicht nur dahin gieng, die Verhältniß der Theile zu finden, so hat er es auch bey diesem Kennzeichen bewenden lassen. Den Erfolg seiner Versuche stellt folgende Tafel vor:

zusammmengeschmolzene Theile von			Erfolg im siedenden Wasser.
B	24	ħ	
1	1	1	floß nicht.
2	1	1	klarkörnig, floß und nahm den Abdruck eines Petschafts an.
4	1	1	grobkörnig, floß leicht, und nahm ein Petschaft an.
10	3	3	gröber Korn, ebenfalls.
5	1	1	grob Korn, wollte nicht fließen.
5	3	2	grob Korn, war nicht leichtflüßig.
6	3	2	floß noch schlechter.
1	—	1	wurde gar nicht weich.

§. 481.

Wenn anstatt dreyer Materien vier oder mehrere gemischet werden, so giebt es wohl in Ansehung der Versuche als der Rechnung mehr Weitläuftigkeit. Denn man muß den Grad der Schmelzbarkeit einer jeden für sich bestimmen. Sodann muß man sie zu zwo und zwoen zusammen nehmen, und die Verhältniß der Mischung suchen, wobey sie am leichtesten oder auch hinwiederum am schwersten fließen. Eben so verfährt man, indem man sie zu dreyen und dreyen, zu vier und vierzc. zusammenmischet. Die Rechnung wird derjenigen, so ich für zwo (§. 465.) und für drey (§. 472. 475) Materien angegeben, ganz ähnlich, dabey aber weitläuftiger seyn. Es gebraucht übrigens viele Genauigkeit und Vorsichtigkeit bey solchen Versuchen. Denn so z. E. würde ich aus den Ziegler'schen (§. 477.) die Regeln nicht so leicht haben herleiten können, die ich aus den Newtonischen (§. 456.)

Digitized by Google

hergeleitet habe. Dieſe gaben ſo gleich an, daß die Linien b F, F Z, Z H ꝛc. (26. Fig.) gerade ſind. Und dann folgte das übrige von ſelbſt.

§. 482.

Für geringere Grade von Wärme als die vorhin (§. 479.) erwähnte, laſſen ſich aus Butter, Unſchlitt, Wachſe, Harz, Pech, Geigenharz, Lack, Schwefel ꝛc. allerley Miſchungen zuſammenſchmelzen, welche bey beliebigen Graden von Wärme flüßig werden. Für die Grade der Kälte dient beſonders das Frieren von Salzauflöſungen und gebrannten Waſſern, Oehlen ꝛc. Arnold, den ich bereits oben (§. 247.) angeführt habe, hat in Abſicht auf geſättigte Auflöſungen, Verſuche angeſtellt, die hier angeführt zu werden verdienen.

Unzen Salz in 8 ℥ ▽.	Reaum. Thermom.	Namen des Salzes.
$3\frac{1}{2}$	— $1\frac{1}{2}$	*Sal mir. Glauberi-*
$2\frac{1}{2}$	— 5	*alum. nat.*
$1\frac{1}{2}$	— $5\frac{1}{2}$	*alum. calcin.*
$3\frac{3}{4}$	— 7	*vitrioli Gosl. albidi.*
3	— $7\frac{1}{2}$	*Seignette.*
$5\frac{1}{2}$	— $7\frac{3}{4}$	*Sal Sedlic.*
4	— 8	*nitr. depur.*
$\frac{7}{12}$	— $11\frac{1}{2}$	*Borac.*
$4\frac{1}{2}$	— $12\frac{1}{2}$	*vitriol. alb.*
	— 16	*Sal. tart.*
$2\frac{1}{2}$	— 18	*Sal ammon.*
$3\frac{1}{6}$	— $19\frac{1}{2}$	*Sal. culin.*

Zweyter Abſchnitt.

Wärme und Kälte, ſo bey Miſchungen entſteht.

§. 483.

Die Aenderung in der Dichtigkeit und den Cohäſionskräften gemiſchter Materien, geht gewöhnlich gleich bey der Miſchung vor, und hat in Abſicht auf das Gleichgewicht zwiſchen der Kraft der Feuertheilchen und den Cohäſionskräften ebenfalls einen unmittelbaren Erfolg, welcher darinn beſteht, daß die Miſchung wärmer oder kälter wird, als die Materien vor der Miſchung waren. Die Menge der Feuertheilchen wird dadurch nicht geändert. Es bringen aber gleich viele Feuertheilchen in ungleichen Materien ungleiche Wärme hervor, (§. 308.) und ſo läßt es ſich allerdings begreifen, daß die Miſchung nicht nothwendig die Wärme der

Digitized by Google

gemischten Materien behält, sondern mit den geänderten Cohäsionskräften und der Dichtigkeit auch die Wärme ändert. Und dieses kann so weit gehen, daß die Mischung in einigen Fällen zu Eis wird, in andern aber in Flammen ausbricht.

§. 484.

Muschenbroek hat hierüber einige Versuche angestellt und sie in seiner Uebersetzung der Florentinischen Versuche bekannt gemacht. Ich werde daraus nur einige hersetzen, wo sich die Grade der Erwärmung oder Erkältung, mittelst des Thermometers, bestimmen ließen.

Gemischte Materien.				Fahrenheitsche Grade.	
Gran.		Gran.		vor der Mischung.	nach der Mischung.
240	Salpeter	720	Wasser	45	31
240	Salmiac	720	Wasser	45	27
180	Zucker	960	Wasser	44	45
120	Weinsteinsalz	720	Wasser	44	54
240	Branntewein	240	Wasser	44	50
480	Weingeist	480	Wasser	44	57
120	Vitriolöhl	480	Wasser	45	60
240	Scheidwasser	240	Weinsteinöhl *p. del.*	46	72
90	Zinn	480	Scheidwasser	44	161
60	Meßingfeile	480	Scheidwasser	44	159
120	Eisenfeile	480	Scheidwasser	44	188
60	Zinnfeile	480	Salpetergeist	46	250
120	Wismuth	480	Salpetergeist	48	243

§. 485.

Es ist hiebey zu bemerken, daß das Thermometer den wahren Grad der Erwärmung oder Erkältung, so in der Mischung entsteht, nicht genau anzeigt, denn dieser Grad wird an sich nicht augenblicklich hervorgebracht, und wenn es auch wäre, so braucht das Thermometer einige Zeit, bis es denselben annimmt. Inzwischen aber verlieret die Mischung den Grad der Wärme oder Kälte, den das Thermometer annehmen sollte, und zwar destomehr, je geringer die Masse, und je dicker das Gefäß ist, in welchem die Materien gemischt werden. Die in der Mischung vorgegangene Veränderung der Wärme, ist demnach größer als sie durch das Thermometer angezeigt wird.

§. 486.

Die Unze Weingeistes, welche mit einer Unze Wasser vermischt worden, trieb das Fahrenheitsche Thermometer vom 44sten auf den 57sten Grad, demnach

Digitized by Google

die Wärme vom 1025sten auf den 1051sten Grad des Luftthermometers. Nun bringen im Weingeiste 6 Feuertheilchen so viel Wärme hervor als 7 Feuertheilchen in gleich viel Wasser (§. 308.) dem Raume nach gerechnet. Es nimmt aber eine Unze Weingeist, etwa $\frac{1}{8}$ mehr Raum ein als eine Unze Wasser, (§. 201.) folglich kann man setzen, daß in beyden Massen gleich viele Feuertheilchen gewesen. In den zusammengegossenen Massen war die Summe derselben kräftiger als in jeder Masse für sich. Daher entstund mehr Wärme. Nach dem Thermometer zu urtheilen, wurde die Kraft derselben um

$$\frac{1051 - 1025}{1025} = \frac{1}{40}$$

vermehrt. Aus dem vorhin (§. 485.) angeführten Grunde, mag aber die Vermehrung wohl $\frac{1}{50}$ Theil oder auch noch mehr betragen haben. Wenn man dieses genauer bestimmen will, so muß man entweder einen vorläufigen Versuch machen, um zu finden, wie viele Grade das Thermometer bereits haben muß, wenn man nachgehends noch eine Mischung vornimmt und es darein tauchet Dadurch erhält man, daß das Thermometer wenig oder gar keine Zeit gebraucht, um den Grad der Wärme der Mischung zu erlangen. Denn hat es diesen Grad an sich schon, so wird es in der Mischung weder steigen noch fallen. Oder man kann, wenn das Thermometer die Wärme der Materien vor der Mischung hat, gleich nach geschehener Mischung beobachten, wie viel es von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Minute steigt, um daraus die Erwärmungs-Subtangente, sowohl der Mischung als des Thermometers zu bestimmen. Das erste Verfahren ist aber kürzer und sicherer, weil das letztere sehr genaue Versuche, Beobachtungen und Rechnungen erfordert.

§. 487.

Ich gedenke übrigens hier die verschiedenen Veränderungen, so bey den Mischungen vorgehen, nicht weiter zu erklären. Es ist genug, daß sie überhaupt daher entstehen, daß bey den Mischungen die Dichtigkeit und die Cohäsionskräfte sich ändern. Diese Kräfte sind aber zu wenig an und für sich bekannt. Man muß daher, anstatt aus denselben, die Veränderungen der Wärme erklären zu wollen, vielmehr die Veränderungen der Wärme zum Grunde legen, und daraus bestimmen, wieviel jene beträgt. Dieses ist auch eigentlich der Grund, warum ich das Beyspiel von der Mischung des Weingeistes mit Wasser (§. 486.) nicht anders als es geschehen ist, vorgetragen habe. Es ist genug, daß daraus folgt, die Cohäsionskräfte der Mischung seyn dermaaßen vermindert worden, daß etwa $\frac{1}{50}$ste Theil der Feuertheilchen aus derselben wegzehen mußte, ehe die Wärme der Mischung mit der Wärme der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht kommen konnte, wie sie es in den Materien vor der Mischung war.

§. 488.

Unter den Muschenbroekschen Versuchen ist in dieser Absicht besonders derjenige merkwürdig, da er in drey Quentchen Vitriolöhl, zwey Quentchen Sal-

Digitized by Google

armoniak mischte, die den 60sten Fahrenheitschen Grad von Wärme hatten. Die Mischung brausete heftig und mit vielem Schaume auf. Der davon aufsteigende Dampf wärmte ein darüber gehängtes Thermometer vom 60sten bis zum 70sten Grade, da hingegen ein in der Mischung selbst stehendes Thermometer vom 60sten bis zum 48sten Fahrenheitschen Grade fiel. Die Feuertheilchen wurden also hier mit einer ihnen nicht eigenthümlichen, sondern fremden Gewalt aus der Mischung herausgetrieben. Vermuthlich hatten sie mit der Materie des Dampfes eine mehrere Verbindung, so daß sie mit derselben fortgerissen wurden. Uebrigens kann es auch seyn, daß die Vermischung des Dampfes mit der Luft demselben mehr Hitze gegeben. Denn bey der Hitze von gährenden Materien hat die Luft immer auch vielen Antheil. Endlich, da bey so häufigen Dämpfen ein eigentliches Auströcknen statt findet, und selbst das gemeine Wasser beym Auströcknen mehr Wärme wegnimmt, (§. 281.) so konnte dieser Umstand mit dazu beytragen, daß das in der Mischung stehende Thermometer 12 Fahrenheitsche Grade fiel.

§. 489.

In Ansehung einiger destillirten Wasser verdient angemerkt zu werden, daß sie wärmer werden, wenn man sie in Wasser gießt, und hingegen kälter, wenn sie in Schnee oder zerstoßen Eis gegossen werden. Weingeist in Wasser gegossen, wurde um 13 Fahrenheitsche Grade wärmer. (§. 484.) Hingegen in Schnee gegossen, fand Braun, daß das *de l'Isl*sche Thermometer vom 157sten auf den 177sten Grad fiel. Eben so fand Muschenbroek, daß Salpetergeist in gleich viel Wasser gegossen, dieses vom 45sten bis zum 53sten Fahrenheitschen Grad wärmer machte. Braun goß Salpetergeist auf Schnee, und das *de l'Isle*sche Thermometer fiel vom 157sten bis zum 187sten Grad. Die stärkste Erkältung des Schnees brachte er durch den *Spir. nitr. fum.* hervor. Denn das *de l'Isle*sche Thermometer fiel darinn vom 157sten bis zum 215ten Grade. Es scheint, daß da die Theilchen des Wassers beym Frieren sich unter Winkeln von 60 oder 120 Graden zusammenlegen, dadurch viele Feuertheilchen vertrieben werden, welche, wenn das Eis wider flüßig werden soll, ersetzt werden müssen. Man kann nun aber nicht sagen, daß das Thermometer in solchen Fällen den wirklichen Grad der Kälte genau anzeige. Denn außer dem vorhin (§. 485.) angeführten Grunde kömmt hier noch die besondere Erfahrung vor, daß, wenn man das bereits erkältete Thermometer nochmals in Schnee setzt, und auf diesen ebenfalls Salpetergeist gießt, das Thermometer noch tiefer fällt. Bey solchen Anlässen hat nun Braun gefunden, daß das Fallen des Queckſilbers bis auf den 300ten *de l'Isle*schen Grad ziemlich regulär fortgeht, daß es aber von da anfängt, irregulärer und zuweilen mit einemmale sehr schnell zu fallen, bröcklicht wird, und endlich stocket und friert. Bey so tiefen Graden höret demnach die Ausdehnung des Queckſilbers auf, den Graden der noch übrigen Wärme proportional zu seyn.

Die

Digitized by Google

Die Structur und Lage ſeiner Theile verändern ſich nach eigenen Geſetzen. Braun fand, daß ſeine *de l'Isle*ſchen Thermometer, ehe das Queckſilber gefroren ſchien, oder war, bis auf den 530, 650, 680, 700, 800, ja auch wohl 1500ten *de l'Isle*ſchen Grad gefallen waren. Dieſes geht weit über alle Proportion mit den Graden des Luftthermometers hinaus, und beweiſet, daß die Grade aufhören, einander proportional zu bleiben. Es wäre alſo zu wünſchen, daß ſolche Verſuche mit einem Luftthermometer angeſtellt würden, damit es ſich unmittelbar zeige, wieviel in einer ſo ſtrengen Kälte die Luft ſich zuſammenziehe. Dieſes würde von dem Grade derſelben eine richtigere Anzeige geben.

§. 490.

Uebrigen haben neuere Erfahrungen gelehrt, daß zum Frieren des Queckſilbers eine Sibiriſche Kälte ſchon hinreichend iſt. Den 30ſten Dec. 1772. fror zu Jrkutzk das Queckſilber im Barometer, und war oben in einem Raume von 5 Linien gebröckelt. Des Morgens war ſeine Höhe 28 Zoll 7 Linien engliſchen Maaßes. Um 11 Uhr, Vormittags, wurde es wieder flüßig, und ſeine Höhe betrug 29 Zoll 7 Linien, demnach 1 Zoll mehr. Das Queckſilberthermometer zeigte nach

	de l'Isle	Reaumur
Morgens um 4 Uhr : :	213	— 34
zwiſchen : : : :	226 / 229	— 40 / — 42 war es gebröckelt.
Um 11 Uhr fiel es in die Kugel, als es wieder flüßig wurde.		
Um 1 Uhr ſtand es bey : :	254	— 56
4 Uhr : : : : :	194	— 24

§. 491.

Zu Krasnojark unter dem 55ſten Grad der Breite, fiel das Reaumurſche Thermometer auf 50 Grad unter den Frierpunct. Dieſe Kälte hielt 3 Tage an. Eine Taſſe, worinn ½ Pfund Queckſilber war, wurde der Kälte ausgeſetzt. Es fieng in Zeit von ¾ Stunden an zu frieren, und nach 3 Stunden war es ganz gefroren. Mit dieſem Frieren des Queckſilbers, gieng es alſo natürlicher und auf eine weniger gezwungene Art zu, als bey den Brauniſchen Verſuchen. Und da das Reaumurſche Thermometer, (welches vermuthlich von Queckſilber war) nur 50 Grade unter dem Frierpunct ſtund, ſo ſieht man, daß das Frieren des Queckſilbers einen eben nicht ſo ſtarken Grad der Kälte erfordert. Denn dieſer Grad kömmt mit dem 244ſten *de l'Isle*ſchen überein. Und wenn das Fallen des Queckſilbers bey dieſem Grade noch nicht allzu irregulär wird, ſo trift dieſer Grad auf den 769ſten des Luftthermometers, und iſt demnach von dem Grade der abſoluten Kälte 0 noch weit entfernt. Zu Göttingen hat man das Frieren des Queckſilbers

bey einem noch viel geringern Grad der Kälte wollen bemerkt haben. Ein Brandersches Weingeiſtthermometer ſtund 10 Grad unter Fahrenheits 0, oder 18 Grad unter dem Frierpunct des Reaumurſchen Queckſilberthermometers. Das Queckſilber war in einem Glaſe mit Schnee umhüllet, in welchen Salmiak gemiſcht worden, und das Glas ſtund in eben ſolchem Schnee. Weiter ſind mir die Umſtände nicht bekannt, und ſo kann ich auch nicht ſagen, ob etwa die Oberfläche des Queckſilbers feuchte geworden und mit einer dünnen durchſichtigen Eiskruſte überzogen geweſen. Es wurde um 1 Uhr nach Mitternacht beobachtet, und des folgenden Morgens war die Flüßigkeit da. ꝛc.

Drittes Hauptſtück.

Die Schnellkraft der Wärme.

§. 492.

Cullen, ein Edinburgiſcher Arzt, hat unter der Luftpumpe einige Verſuche angeſtellt, die eigentlich hieher gehören. Wenn nemlich unter die Glocke einer Luftpumpe ein Thermometer geſtellt wird, und man pumpet die Luft ſchnell aus, ſo fällt das Thermometer etwa 2 bis 3 Fahrenheitſche Grade. Es ſteigt aber gleich darauf wieder eben ſo hoch, auch wohl noch etwas höher als es Anfangs ſtund. Wenn mit dem erſten Kolbenzug ein großer Theil der Luft ſchnell herausgezogen wird, die Glocke aber doch nicht allzu klein iſt, ſo wird der Erfolg ſicherer und merklicher. Im Jahr 1761 zeigte mir, der ſeitdem verſtorbene Hr. Prof. Arnold zu Erlangen, den Verſuch vor. Ich fand, daß das Fallen des Thermometers nur 3 Secunden Zeit gebrauchte, das Wiederſteigen aber doppelt langſamer erfolgte. Wenn wiederum Luft hineingelaſſen wird, ſo ſteigt das Thermometer ungefähr eben ſo viel über ſeine erſte Höhe, als es bey dem Auspumpen unter dieſelbe gefallen war. Aber auch dieſes Steigen dauert nicht lange, weil das Thermometer gleich wiederum fällt. Daß bey dem Auspumpen der Luft wirklich eine Kälte entſtehe, folgt unter anderm auch daraus, daß mit behöriger Verrichtung unter der Glocke das Waſſer zum Frieren gebracht werden kann.

§. 493.

Dieſe Verſuche hatten nichts, das mich ſehr hätte befremden ſollen. Ich gab dem Hrn. Arnold ſogleich den Grund an, auf den ich durch andere Betrachtungen war geleitet worden, der ihn aber mehr befremdete, weil er, ſo viel ich nachgehends aus einer von ihm in Druck gegebenen Schrift geſehen, ſich ſchon einen ganz andern Lehrbegriff von der Sache gemacht hatte. Mein Grund war, daß mit der Luft auch die darinn befindlichen Feuertheilchen ausgepumt werden,

Digitized by Google

und folglich die Dichtigkeit der Feuertheilchen in gleichem Maaße, wie die von der Luft abnimmt. Wenn also z. E. mit dem ersten Kolbenzuge die Luft unter der Glocke um die Hälfte verdünnet wird, so wird auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen und mit derselben die Wärme um die Hälfte vermindert. Also würde die Wärme vom 1100ten Grade des Lufthermometers auf den 550ten Grad herunter gebracht. Eine solche Kälte kann aber unter der Glocke nicht wirklich statt finden. Denn außerdem, daß die Verdünnung der Luft nicht augenblicklich geschieht, so sind in dem Glase der Glocke und dem Teller der Luftpumpe noch Feuertheilchen, die mit Macht in die verdünnte und so stark erkältende Luft eindringen, bis der Abgang ersetzt wird. Das Thermometer selbst trägt eben dadurch, daß es erkältet, seinen Theil mit bey. Das Verdünnen der Luft, nach Oeffnung des Hahns, brauchte 3 Secunden Zeit. Und so lange fiel das Thermometer, dann brauchte es 6 bis 8 Secunden Zeit, ehe aus dem Glase und dem Teller genug Feuertheilchen in die verdünnte Luft gedrungen waren, um den Abgang wieder zu ersetzen. Wir haben oben gesehen, daß die Wärme aus festen und dichten Körpern langsam in die Luft geht. Es brauchte also aus diesem Grunde mehr Zeit. Der Umstand, daß das Thermometer in der ersten Secunde einen Fahrenheitschen Grad gefallen, zeigt an, daß die anfängliche Kälte, so durch die Verdünnung der Luft und der Feuertheilchen entstanden, 200 und mehr Grade müsse betragen haben, weil es sonst nicht so schnell hätte fallen können. Die Luft unter der Glocke muß so viel Grade kälter geworden seyn, so viel Secunden Zeit die Erkältungs-Subtangente des Thermometers austrägt. Denn wenn wir in der Formel (§. 258.)

$$-\frac{dy}{y} = \frac{d\tau}{7}$$

für $d\tau$ die erste Secunde, und für $-dy$ einen Grad setzen, so muß der anfängliche Unterschied der Wärme y so viele Grade enthalten, als die Subtangente 7 Secunden Zeit enthält.

§. 494.

Ich sagte vorhin, daß ich durch andere Betrachtungen auf den hier angegebenen Grund war geleitet worden. Denn wenn man setzt, die Dichtigkeit der Feuertheilchen in einem Körper, sey in Verhältniß ihrer Menge durch den Raum des Körpers dividirt, so kann wegen der geringen Ausdehnung der Körper durch die Wärme ihr Raum als beständig angesehen werden, und in sofern setzt man, daß in einerley Körper, die Wärme wie die Menge der Feuertheilchen zunehme. Nun sahe ich ohne Mühe, daß, da die Luft sich durch die Wärme sehr stark ausdehnt, die Erweiterung ihres Raumes nicht aus der Acht gelassen werden könne. Und da die Luft durch äußere Gewalt so leicht größer und kleiner gemacht werden kann, so gab dieses ganz ungezwungen einen Anlaß nachzusehen, was alsdann aus den Feuertheilchen wird. Anders war nun wohl nicht zu schließen, als daß sie in

Absicht auf die Dichtigkeit mit der Luft einerley Schicksal haben müssen, und der Unterschied nur darinn bestehen könne, daß die Feuertheilchen durch das Glas und Metall der Luftpumpe durchdringen, und demnach die Erkältung, so durch die Verdünnung entsteht, wieder aufheben können. Dieses würde nun augenblicklich statt finden, wenn die Wärme so leicht als das Licht durch Glas gienge. Daran fehlt aber viel. Ich sahe demnach, daß es fürnemlich darauf ankomme, daß die Luft, und mit derselben die Wärme schneller ausgepumpt werde, als der Abgang der Wärme durch die aus dem Glase und Metall ausfließenden Feuertheilchen ersetzt werden kann. Hr. Arnold nahm hierauf Rücksicht. Seine Glocke hatte kaum 5 Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Er gebrauchte ein Drebbelsches sehr empfindliches Thermometer. Er öffnete den Hahn erst, nachdem der Kolbe schon ganz ausgezogen war, damit die Luft mit voller Macht aus der Glocke in den Cylinder dringen konnte, und desto schneller verdünnet würde. Wenn er aber den Hahn nur wenig öffnete, so daß die Luft sich langsamer durchzog, so fand er auch immer, daß das Thermometer sich wenig oder gar nicht veränderte. Endlich merkte er auch an, daß viel auf die Größe der Glocke ankomme. Dieses ist für sich klar. Denn eine größere Glocke hat nach Verhältniß des Raumes weniger Oberfläche, oder welches einerley ist, eine größere Erkältungs-Subtangente. Also wird in derselben, die durch das Auspumpen verminderte Wärme langsamer wieder ersetzt, folglich hat das Thermometer Zeit mehr zu fallen, als es bey gleicher und gleich schneller Verdünnung der Luft unter einer kleinern Glocke fallen kann.

§. 495.

Da diese Veränderung der Wärme nur einige Secunden dauert, so sind auch die daherrührende Wirkungen nur augenblicklich. Indessen können auch augenblickliche Wirkungen in ihrem Erfolge beträchtlich seyn. Man setze, die Luft werde augenblicklich in einen doppelt kleinern Raum zusammengepreßt, so wird ihre Dichtigkeit sowohl, als ihre Wärme verdoppelt, und so muß ihre Schnellkraft nicht doppelt, sondern viermal größer werden. Sie behält aber diese vierfache Größe nicht lange, weil die doppelt größere Wärme sich bald in den Körper hineinzieht, in welchem die Luft eingeschlossen ist, und sich mit der Wärme der äussern Luft wieder ins Gleichgewicht setzt. Eben so geschwinde kömmt auch die vierfache Schnellkraft wieder aufs zweyfache herunter. Bey den Windbüchsen wird sehr zusammengepreßte Luft schnell dünner, wenn die Kugel herausfährt, und so kann es seyn, daß die Schnellkraft auch wegen der Verdünnung der Feuertheilchen, und demnach mehr als in umgekehrter Verhältniß des Raumes geringer wird.

§. 496.

Der Raum über dem Quecksilber im Barometer soll, so viel möglich, luftleer seyn. Man kann denselben dadurch, daß man das Quecksilber zum Schwan-

Digitized by Google

ken bringt, vergrößern und verkleinern, und da wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in diesem Raume, und mit derselben die Wärme ebenfalls schnell verändert. Dadurch erfolgt ein Zufluß von Feuertheilchen aus dem Glase und dem Quecksilber in dem luftleeren Raume, und aus demselben wiederum in das Glas und das Quecksilber zurücke. Vielleicht trägt dieses etwas mit zu dem Leuchten bey, welches man oben an dem Quecksilber, zumal wenn es sich senket, im Dunkeln bemerkt. Die Feuertheilchen in dem luftleeren Raume scheinen keinen eigenen Druck gegen das Quecksilber zu äußern. Wärmt man aber die Röhre durch Annäherung der Flamme eines Lichtes, so dringt mehr Wärme in den luftleeren Raum, und das Quecksilber fällt oder wird durch die vermehrte Schnellkraft heruntergedrückt. Dieses Fallen ist allerdings schneller und stärker, wenn der Raum weniger luftleer ist. Ich sehe aber nicht, warum nicht auch in einem ganz luftleeren Raum, die schnell aufgehäufte Wärme einen Druck sollte äußern können, wenn sie gleich ihre Kraft mehr auf die Theilchen der Körper, und die Trennung derselben als auf die Oberfläche, im Ganzen betrachtet, äußert.

§. 497.

Da indessen die Schnellkraft der Wärme dadurch, daß sie die von der Luft, von den Dünsten ꝛc. verstärket, kräftigere Wirkung äußert, so verdient sie auch in dieser Absicht vorzüglicher betrachtet zu werden. Ich habe gleich Anfangs (§. 23.) bey Anlaß von Drebbels Thermometer angeführt, wie derselbe bedacht gewesen, die durch die Wärme verstärkte Schnellkraft der Luft zu nutzen, und durch Verbergung des Kunststückes Verwunderung zu erregen. Dieses mußte ihm desto nothwendig gelingen, weil es, wenn er es nicht selbst sagte, niemand so leicht in Sinn kommen konnte, die wahre wirkende Ursache in einem leeren Glase zu suchen. Das Glas war freylich nicht ganz leer, sondern voll Luft. Aber damals ließ sich niemand in Sinn kommen, in einem Glase voll Luft wirkende Kräfte zu suchen.

§. 498.

Diese Kräfte sind nun allerdings nicht geringe. Der Druck der Luft gleicht dem von einer 28 Pariser Zoll hohen Quecksilbersäule, und beträgt demnach auf einen Rheinl. Quadratfuß 2050 Berliner Pfund. Diese Kraft wird bey eingeschlossener Luft vom Frierpunct bis zum Siedepunct in der Verhältniß von 1000 zu 1370 Graden des Lufthermometers verstärkt. Demnach = 2808 Pfund. Der Ueberschuß ist = 758 Pfund für 80 Grad Wärme des Reaumurschen Quecksilberthermometers. Dieses gibt für jeden einzeln Grad eine Ueberwucht von 9,475 oder $9\frac{1}{2}$ Pfund. Nun kann selbst die aufgehende Sonne, die noch wenig Kraft hat, in kurzer Zeit eine Wärme von mehrern Graden bewirken, und so konnte es Drebbeln an bewegender Kraft nicht fehlen, zumal wenn er den Druck der Luft auf mehrere Quadratfuße gebrauchen wollte.

§. 499.

Man erzählt von Memnons Bildsäule, daß sie beym Aufgange der Sonne einen Ton von sich gegeben. Die Einrichtung der Bildsäule mag dahin gestellt bleiben. Man weis aber, mittelst der sogenamten Windprobe der Orgelbauer, daß die größte Orgelpfeife anspricht, wenn die Kraft der Luft um $\frac{1}{750}$ Theil verstärkt wird oder einer Wassersäule von etwa 3 Zollen das Gleichgewicht hält. Zu einer solchen Verstärkung ist eine Erwärmung von 8 Graden des Luftthermometers oder von etwa 2 Reaumurschen Graden schon hinreichend. Und die aufgehende Sonne bringt diese und selbst noch größere Wärme leicht und bald hervor; wenn sie zumal einen dunkelfarbigten Körper bescheint. An der mechanischen Einrichtung solcher Kunstwerke werde ich mich hier nicht aufhalten. Denn hier war eigentlich nur die Frage, die bewegende Kraft, sofern sie von der Wärme herrühret, zu bestimmen und mit den Graden der Wärme zu vergleichen. Man sieht nun ohne Mühe, daß diese Kraft mit den Flächenräumen, worauf sie wirkt, größer wird, daß die Luft eingeschlossen bleiben muß, bis sie durch die Erwärmung einen bestimmten Grad der Stärke erhalten, wenn man ihre Kraft ganz nutzen will, und daß, da die Kraft groß, die Bewegung aber geringe ist, man durch besondere Einrichtungen daraus eine mit mehrerer Bewegung geringerwirkende Kraft ableiten müsse, wenn man mehr auf Bewegung und Geschwindigkeit als auf die Kraft zu sehen hat. Eine ähnliche Anmerkung kömmt bereits im 452sten §. vor.

§. 500.

Sofern die Dünste durch die Wärme sehr elastisch werden, wird, wie wir bereits oben (§. 245) gesehen haben, ein größerer Grad der Wärme erfordert. Die dadurch erregte Schnellkraft wächst ebenfalls nach Maaße der Flächen, auf welche sie wirkt, und ihr Druck auf einen Quadratfuß kann vielen Tausend Pfunden das Gleichgewicht halten. Wir sehen aus der Tafel, (§. 244.) daß, wenn nur die Hitze des Siedepunkts statt findet, die Kraft der Dünste und der Luft schon mehr als der Druck von zwoen Atmosphären, und demnach auf einen Quadratfuß bey 6000 Pfund beträgt. (§. 498.)

§. 501.

Kräftiger aber und schneller wirkt die Hitze, wenn sie, wie es bey der Entzündung des Schießpulvers geschieht, die sogenannte fire Luft in demselben frey und elastisch machet, und derselben zugleich eine Wärme von 4000 und mehr Graden des Luftthermometers (§. 92.) mittheilt. Diese Erhitzung kann in bloßer Luft schon ihren Druck aufs viersache verstärken, so daß er auf einen Quadratfuß 11000 und mehr Pfund beträgt. Die fire und aufgelöste Luft macht aber diese Kraft

noch einige hundertmal stärker. Ich habe in den Anmerkungen über die Gewalt des Schießpulvers gefunden, daß die anfängliche Kraft desselben in Flintenläufen so viel als der Druck von 240 Atmosphären austrägt, ohne hiebey mitzurechnen, was durch den Spielraum der Kugel und das Zündloch verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemmale entzündete. Beym groben Geschütze oder eigentlich bey Kanonen, ist das Zündloch nach Maaße der Größe des Stückes kleiner. Und daher wird auch, wenn man die Kraft des Pulvers durch den Erfolg bestimmt, diese Kraft größer herausgebracht. Aus dem *Procès verbal* des Belidor von mehrern zu Metz angestellten Versuchen, finde ich, daß die anfängliche Kraft des Pulvers in den Kanonen so viel als der Druck von 1081 Atmosphären betragen hat, ebenfalls ohne mitzurechnen, was durch das Zündloch und den Spielraum verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemmale entzündete. Bey Mörsern findet man ungleich weniger als bey Flintenläufen. Bey Racketen wird die Kraft des Pulvers sehr schwach gemacht, und sie hat nur den Gegendruck der äußern Luft zum Widerstande. Eine einpfündige Rackete wiegt 1 Pfund und ist 1 Fuß lang. Ihr äußerer Diameter beträgt $\frac{1}{2}$ Zoll. Damit beträgt der Gegendruck der Luft etwa 32 Pfund. Die Basis der Flamme ist aber nur $\frac{1}{2}$ der ganzen Basis. Und demnach kann der Gegendruck der Luft nur $= \frac{1}{2}.32 = 14$ Pfund gesetzt werden. Wenn also die Ueberwucht der Flamme nur $\frac{1}{14}$ Theil dieses Druckes betragen sollte, so würde sie $= 1$ Pfund, und folglich dem Gewicht der Rackete gleich seyn. Die Rackete würde demnach weder steigen noch fallen, sondern nur schweben. Ist aber die Ueberwucht von der Kraft der Flamme doppelt stärker, so steigt die Rackete Anfangs mit eben der Beschleunigung, wie ein Körper fällt, nachgehends aber noch schneller, weil die Rackete durch das Wegbrennen des Satzes leichter wird. Eine Rackete, die 18 Loth Satz, 11 Loth Schwärmer, 9 Loth Papier, 16 Loth Stange hat, braucht zum Abbrennen etwa 5 Secunden Zeit, und steigt während dieser Zeit auf eine Höhe von etwa 400 Fuß In gleicher Zeit würde ein Körper ungefähr eben so viel fallen. Es folgt also hieraus, daß die Kraft der Flamme nur etwa doppelt größer als das Gewicht der Rackete ist. Es scheint dieses wenig zu seyn Da es aber den $\frac{1}{7}$ Theil von dem Drucke der Luft beträgt, so folgt immer, daß die Funken mit einer Geschwindigkeit von $\sqrt{(26000.62\frac{1}{2} : 7)} = 482$ Fuß aus der Rackete herausgeblasen werden.

Viertes Hauptstück.

Stuffen der Wärme.

§. 502.

Seit der Erfindung der Thermometer kann jeder Grad derſelben eine Stuffe der Wärme vorſtellen, und genau angegeben werden. Vorhin mußte man ſich an andere Kennzeichen halten, und jede Stuffe durch einen beſondern Namen anzeigen. Die üblichſten waren von unſerer Empfindung hergenommen, und dieſe habe ich bereits oben (§. 3. 4. 26.) angeführt. Etwas mehr Mühe hatte man ſich in der Chemie gegeben, weil da alle Stuffen der Wärme und Hitze vorkommen. Indeſſen blieben bey allen Benennungen und äußerlichen Kennzeichen die Stuffen ſelbſt oder ihr wahrer innerer Werth und Gehalt ſehr unkenntlich, zumal da ſie oft mehr der Materie und Form nach als in der Kraft ſelbſt verſchieden ſind.

§. 503.

Boerhave war, ſo viel ich weis, der erſte, der in ſeiner Chemie die Stuffen der Wärme kenntlicher machte. Und dazu verhalf ihm Fahrenheit mit ſeinen Thermometern, weil dieſe nun einmal eine verſtändliche Sprache hatten. Eigentlich aber beſtimmte Boerhave doch nur die Grenzen der fürnehmſten Grade, Und ſo zählet er folgende ſechs.

1. Die Stuffen der Wärme für das Pflanzenreich und deſſen Wachsthum, fallen zwiſchen 0 und den 80ſten Grad Fahrenheitſchen Thermometers. Das iſt alſo zwiſchen die ſtrengſte Winterkälte und ordentliche Sommerwärme in Deutſchland, Holland ꝛc.
2. Die Stuffen für das Thierreich ſetzt er für die Fiſche zwiſchen den 34ſten und 60ſten Grad, für die Landthiere aber zwiſchen den 40ſten und 94ſten.
3. Vom 94ſten bis zum 212ten Grad findet er die Stuffenwärme, bey denen das Austrocknen, Ausdünſten, Deſtilliren ꝛc. ſeinen guten Fortgang hat.
4. Vom 212ten bis zum 600ten Grad, ſetzt er die zum Röſten und Sublimiren nöthige Hitze, wo jedoch auch ſchon Zinn und Bley ſchmelzen. Eigentlich iſt der 600te Grad, der vom ſiedenden Queckſilber, und ſo ziemlich auch der vom ſiedenden Leinöhl.
5. Vom 600ten Grade, bis weiter hinaus, geht die zum Röſten, Glühen und Schmelzen der härtern Metalle nöthige Hitze.
6. Endlich finden ſich die höchſten Grade der Hitze im Brennpuncte der großen Brenngläſer und Brennſpiegel.

§. 504.

Erxleben in ſeiner Chemie geht hievon nur in ſofern ab, als er die Grade ſchlechthin nur zum Behufe der Scheidekunſt angibt. Und ſo zählt er folgende fünf Stuffen nach dem Fahrenheitſchen Thermometer:

1. Das

1. Das Digeſtionsfeuer vom 40ſten bis zum 95ſten Grade.
2. Das Deſtillirfeuer vom 96ſten bis zum 212ten Grade.
3. Das Sublimir- oder Cementirfeuer vom 212ten bis zum 600ten Grade.
4. Das Glasofen- Schmelz- oder Reverberirfeuer vom 600ten bis zum 1500ten Grade.
5. Die Brennſpiegelhitze.

§. 505.

Dieſes ſind nun eigentlich nur Grenzen, und zwar ſind ſie ziemlich weit von einander. Bey andern Scheidekünſtlern habe ich folgende Stuffen angezeigt gefunden:

1. Die Wärme einer brütenden Henne oder anderer Vögel.
2. Die Hitze des Miſtbeetes, des Lohebettes, wie auch anderer Gährungen.
3. Das Dampfbad.
4. Das kochende Waſſerbad.
5. Das Aſchenbad.
6. Das Sandbad.
7. Das Eiſenfeilebad.
8. Glühende Kohlen.
9. Das Schmiedefeuer.
10. Die Brennſpiegelhitze.

Man ſieht aus dieſen Angaben, daß ſie Grade angeben, die der Scheidekünſtler nicht nach Belieben ändern kann. Schien ihm zu einer Verrichtung, die nur langſam und mit gemäßigter Wärme von ſtatten gehen ſollte, das ſiedende Waſſer oder der 212te Fahrenheitſche Grad zu heiß, ſo fand er in dem Dampfe über demſelben einen geringern Grad. Und wenn ihm auch dieſer noch zu groß vorkam, nahm er etwa zu Pferdemiſt ſeine Zuflucht, welcher nach Hales Beobachtung auf den 58ſten Grad ſeines Thermometers (§. 161.) oder auf den 128ſten Fahrenheitſchen Grad trift. Wenn nun auch dieſes noch zu viel ſchien, ſo wurde etwan das Gläschen, worinn die Materie digerirt werden ſollte, eine brütende Henne untergelegt, und das war etwa der 100te Fahrenheitſche Grad. Dazu kam zuweilen auch der Glaube, als wären ſolche Grade der Wärme nicht bloß nach der Stärke, ſondern ſelbſt, der Art nach, verſchieden, wenn man gleich die Gläſer, ſo man in Pferdemiſt ſetzte, ſorgfältig verſchloß, damit nur die Wärme und nicht etwa andere Quinteſſenzen in die zu digerirende Materie kommen möchte. Die verſchiedenen Bäder von Waſſer, Aſche, Sand, Eiſenfeile ꝛc. gehen auf größere Grade der Hitze. Ich habe bereits oben (§. 337.) angezeigt, wie ſie einzurichten ſind, damit ſie nicht nur einen, ſondern alle Grade der Wärme erhalten, und zwar beſtändig gleich, ſo lange ein gleich ſtark brennendes Feuer unterhalten wird. Bey den glühenden Kohlen, ſo wie auch bey dem mit heller Flamme brennenden Feuer

Digitized by Google

kommt dann auch der Unterſchied vor, ob der zu erhitzende Körper nur daran oder darüber gehalten oder ganz darein gelegt wird. Denn in beyden erſten Fällen, empfängt nur die gegen das Feuer gekehrte Seite die Hitze unmittelbar. Das oben (§. 286.) erwähnte Umwenden kömmt dann allerdings mit in Betrachtung.

§. 506.

Im Jahr 1746. gab Succow zu Jena, einen Verſuch eines chymiſchen Thermometers in ſeiner Diſſert. *de Expanſione aeris per ignem* heraus, wobey er mehrere Stuffen von Wärme angiebt, die, ſeinem Erachten nach, gleich viel von einander verſchieden waren. Er theilt ſie in zwo Claſſen, und da unter denſelben die Wärme einer brütenden Henne und die Hitze des ſiedenden Waſſers mit vorkommt, ſo gab mir dieſes Anlaß, die Grade ſeines chymiſchen Thermometers mit den Fahrenheitiſchen zu vergleichen. Es ſind folgende:

Succow.	Fahrenh.	Erſte Claſſe.
0	68	Die Wärme der Luft zur Zeit der Verſuche.
15	104	Wärme zum Eyer brüten.
30	140	Waſſer, darinn man die Hand nicht lange halten kann.
45	176	Waſſer, das beym Kochen anfängt, ein Geräuſche zu machen.
60	212	ſiedend Waſſer.
		Zweyte Claſſe.
50	183	Aſche, ſo man ohne Schmerzen nicht berühren kann.
74	246	Aſche, worinn ein Federkiel weich wird.
105	320	Aſche, worinn ein Federkiel gleich einſchmarrt und gelb wird.
120	356	Aſche, die die Spitze eines Holzes zu Kohlen brennt.

Man ſieht hieraus, daß die erſte Claſſe für das Waſſerbad, die zweyte für das Aſchenbad iſt. Die Benennungen der Grade ſind in der That chymiſch. Ehemals mußten ſich die Chymiſten wohl noch an unbeſtimmtere Kennzeichen halten. Der 30ſte Succowſche oder 140ſte Fahrenheitſche, hätte übrigens auch durch gerinnendes Wachs, und der 176ſte durch ſiedenden Alcohol kenntlich gemacht werden können. Bey dem 188ſten Fahrenheitſchen Grad kann gemeiner Branntewein zum Sieden gebracht werden, Und die drey letzten Grade des Aſchenbades würden ſich durch ſchmelzende Miſchungen von Zinn, Bley und Wismuth leicht kenntlich machen laſſen: (§. 479.)

§. 507.

Ungeachtet nun die Scheidekünſtler ſich viele Mühe gegeben hatten, mehrere Stuffen der Wärme zu beſtimmen und kenntlich zu machen, ſo ſcheinen ſie doch

hingegen um die wahren Gründe, warum ihnen so verschiedene Stuffen nöthig waren, weniger bemühet gewesen zu seyn. Mehrentheils ließen sie es auf Versuche ankommen, wobey sie etwa die Wärme stuffenweise verstärkten, ohne deswegen immer den wahren Grad zu treffen. Indessen sollte es dermalen nicht so ganz unmöglich seyn, an eine brauchbare Theorie zu denken. So z. E. giebt die Wärme den Theilchen des Wassers eine Bewegung und Wirksamkeit, die beym Auflösen der Salze und beym Erweichen der Theile des Pflanzenreiches nach Maaße der Wärme größer ist. Die Grenzen hiebey sind der Siedepunct und der Frierpunct, oder dehnen sich wenigstens nicht viel weiter aus. Was an den Pflanzen aus Wasser besteht, leidet innerhalb dieser Grenzen seine Veränderungen. Die noch flüchtigere Theile haben engere Grenzen, und dieses macht geringere Grade von Wärme nöthig, weil dabey die festern und gröbern Theile ungetrennt bleiben. Ehemals suchte man durch strenges und oftmals wiederholtes Destilliren den reinsten Weingeist zu erhalten. Seitdem fand man, daß bey gelinder Wärme nur Geduld und Zeit nöthig ist, und nur eine Destillation erfordert wird. Fette und öhligte Theile leiden und fordern gewöhnlich auch mehr Hitze. Sind sie mit wäßerichten verbunden, so geht auch, um diese abzusondern, die gelindere Wärme voran, ehe man anfängt das Feuer zu verstärken. Und dennoch bleiben die zurück, die mit den Salztheilchen zu feste verbunden sind, als daß sie, ohne diese mitzunehmen, abgezogen werden könnten, wozu dann eine kräftiger trennende Hitze nöthig ist. Körper, die durch die Wärme in Fluß kommen sollen, fordern jeder seinen besondern Grad von Hitze, und dieser ist von denjenigen, wobey sie zum Sieden gebracht werden, oft noch weit entfernt. Betrachtungen von dieser Art bieten sich leicht noch mehrere an und können gut gebraucht werden, wenn es die Frage ist, genauer zu bestimmen, was durch die verschiedene Stuffen des Feuers erhalten werden kann.

§. 508.

Was nun überhaupt die durch äußere Merkmale bestimmte Grade der Wärme betrift, so kömmt im vorhergehenden bey Anlaß der Thermometer, so wie auch bey andern Veranlassungen, eine beträchtliche Anzahl derselben vor. Es bleiben aber noch mehrere, die bereits durch Versuche bestimmt worden sind, zurück. Und von diesen mögen folgende hier ihren Ort haben. Ich setze sie in Graden des Luftthermometers, wie auch in Graden des Fahrenheitschen Thermometers hier an, weil in der That die meisten, mittelst des Fahrenheitschen Thermometers angestellt, oder wenigstens unmittelbar auf dasselbe reducirt worden sind. Von den Reductionen habe ich mehrere selbst nachgerechnet, und wo es wegen der ungleichen Grade der Weingeist- und Queckſilberthermometer nöthig war, die Verbesserung vorgenommen. Dahin gehören besonders die von Reaumur beobachteten Frierpuncte des mit Wasser geschwächten Weingeistes, die von Martine aus

den oben (§. 133. 163.) angeführten Gründen sehr unrichtig auf Fahrenheitsche Grade reducirt worden sind.

Fahrenheit.	Luftthermometer.	Berechnete Grade der Wärme.
— 62	769	frierend Queckſilber in freyer Luft. (§. 491.)
— 40	852	frierender Salpetergeiſt.
— 32	868	frierender Branntewein.
— 28	877	3 Theile Weingeiſt und 2 Theile Waſſer frieren.
— 24	885	eine Miſchung von gleich viel Weingeiſt und Waſſer friert.
— 13	908	Kälte, ſo die Seidenwurmeyer noch aushalten.
— 6	922	Schnee mit Küchenſalz vermiſcht.
— 4	926	1 Theil Weingeiſt und 3 Theile Waſſers frieren.
0	934	Schnee mit Salmiak.
+ 20	975	frierender Burgunder, auch Maderawein.
25	985	frierendes Hammelblut.
28	992	frierender Weineßig.
30	996	frierende Milch.
32	1000	frierend Waſſer.
43	1021	ſtockendes Baumöhl.
74	1085	ſtockende Butter.
82	1103	ſchmelzende Butter.
86	1111	Mineralwaſſer zu *Chatel-Guion*.
88	1115	ſiedende Maybutter.
96	1132	Wärme des Blutes.
97	1134	Wärme im Bienenkorbe.
100	1140	Hitze, ſo den Seidenwurmeyern tödtlich.
100	1140	ſchmelzendes Schweinsnierenfett.
101	1142	Ziegenblut, Schaafsblut.
102	1144	Seekalbswärme, Hundsblut.
104	1148	ſchmelzender Talk von Ochſen und Hirſchen.
104	1148	Schweinsblut, Kalbsblut.
104	1148	Mineralwaſſer zu Pfeffers.
106	1152	Bad zu Balarre in Navarre.
108	1156	Blutwärme in Fiebern.
108	1156	ſchmelzender Wallrath, brütende Henne.
111	1162	Wärme eines Rothbrüſtchens.
111	1162	Waſſer zu heiß für Fröſche.
112	1164	gerinnend Unſchlitt.
113	1166	Cäſars Bad auf dem Mont d'or.

113	1166	Blut in hitzigen Fiebern.
115	1171	eine Mineralquelle zu Piſa.
117	1175	Mühlbrunnquell im Carlsbad.
124	1189	ſchmelzender Nierentalk vom Hammel.
128	1197	Pferdemiſtbeet.
133	1208	Waſſer, ſo Fröſcheneyern tödtlich.
137	1216	neue Quelle im Carlsbad.
140	1222	ſtockend Wachs.
142	1226	fließend Wachs.
150	1238	ſchmelzend Harz.
156	1255	Waſſer, darinn ein Ey hart ſiedet.
156	1255	gerinnend Blut.
160	1263	ſchwarzes Pech ſchmilzt.
163	1269	Brudelwaſſer im Stender im Carlsbad.
174	1292	Alcohol ſiedet.
190	1325	Branntewein ſiedet.
199	1343	rother Franzwein ſiedet.
212	1370	ſiedend Waſſer. (§. 190—193.)
216	1378	Geigenharz wird weich.
218	1382	ſiedend Meerwaſſer.
228	1403	ſchmelzend Siegellack.
236	1419	ſchmelzender Schwefel.
240	1428	geſchmolzen Geigenharz, ſiedende Potaſchlauge.
242	1432	ſiedend Scheidwaſſer, Salpetergeiſt.
244	1436	geſchmolzener Schwefel.
420	1798	ſchmelzend Zinn.
460	1880	ſchmelzender Wismuth.
546	2057	ſiedend Vitriolöhl.
547	2059	ſiedender Schwefelgeiſt per campanam.
550	2065	ſchmelzend Bley.
560	2085	ſiedend Therbentinöhl.
600	2167	ſiedend Queckſilber, Leinöhl.
606	2180	ſchmelzender Goldmarcaſit.
715	2404	ſiedend Rübſaamenöhl.
766	2509	weiches Glas fängt an zu ſchmelzen.
800	2579	ſchmelzender Zink.
805	2630	ſchmelzender Reg. Z. mart.
1000	2990	ſchmelzend Silber.
1300	3596	ſchmelzend Gold.
1450	3915	ſchmelzend Kupfer, Koboldkönig.
1600	4223	ſchmelzend Eiſen.

Digitized by Google

Fünftes Hauptſtück.

Verſtärkung des Feuers.

§. 509.

Die Stärke eines Feuers hängt überhaupt von dem brennlichen Weſen ab, das ſich im Holze, Steinkohlen, Schwefel, Oehle ꝛc. befindet, und ſelbſt auch beym Brennen noch hinzukömmt. Sodann kömmt auch viel auf die Wegräumung der Hinderniſſe an, durch welche das Feuer vermindert, aufgehalten oder zu ſchnelle zerſtreuet wird. Alles dieſes beſtätiget ſich durch die tägliche Erfahrung ohne Mühe. Daß nicht alle Arten Holzes gleiche Hitze geben, iſt jedermann bekannt. Eben ſo bekannt iſt es, daß trockenes Holz beſſer brennt als feuchtes. Nur iſt anzumerken, daß, wenn man naſſes Holz, um es zum Brennen tauglicher zu machen, auströcknet, dieſes eben nicht bey einer Hitze geſchehen müſſe, wodurch nebſt den wäſſerichten Theilchen auch die fetten oder öhligten daraus weggehen.

§. 510.

Da ferner das Holz nicht brennt, ehe es die zum Anbrennen nöthige Hitze erlangt hat, ſo iſt auch leicht zu begreifen, daß es eher und ſchneller Feuer fängt, wenn es zur Zeit, da man es ins Feuer legt, an ſich ſchon ſtark erwärmt iſt. Wo man demnach eine ſtarke und anhaltende Flamme nöthig hat: da muß man dieſelbe durch Anlegen von kaltem Holze nicht erſt wieder ſchwächen. Man ſtützt daher das Holz, ſo noch ferner einzulegen iſt, neben der Flamme, damit es erhitzet werde, und deſto ſchneller Feuer fange, wenn es eingelegt wird.

§. 511.

Beym Einlegen des Holzes kömmt ferner auf die Art, wie es gelegt wird, ſehr viel an. Ein einzeles Stück Holz brennt nur, ſofern es viel Harz enthält oder mit Oehle getränkt, wenigſtens an der Oberfläche beſtrichen iſt. Liegen zwey Stücke ſo auf einander, daß die Flamme nicht zwiſchen durch kann, ſo brennen ſie kaum beſſer als ein einzelnes Stück. Eben ſo ſchlecht gehe es, wenn ſie zuweit voneinander entfernt ſind. Die Flammen von beyden müſſen ſich ſo nahe ſeyn, daß ſie nur eine Flamme ausmachen. Man erhält dieſes am beſten, wenn die Stücke Holzes nur an den ſcharfen Kannten einander berühren.

§. 512.

Das Einſchließen des Feuers trägt ebenfalls zur Verſtärkung und längerer Erhaltung der Hitze mit bey. Beym Kohlfeuer in Schmelzöfen und Schmiedeäſſen, wird die Flamme vermieden, und man iſt fürnemlich bemüht, die Hitze beyſammen zu halten. Dazu ſind die Kohlen vorzüglich gut. Man bedeckt das

Feuer damit und begießt ſie mit Waſſer. Damit machen Kohlen und Aſche eine Kruſte, welche die Hitze beyſammen hält und wieder zurückſchlägt. Wo hingegen, wie bey Reverberir-Oefen ein Zugfeuer nöthig iſt, da kömmt die Verengerung des Raumes zu ſtatten. Wie dieſe vorgenommen werden müſſe, habe ich bereits oben (§. 410. u. f.) angeführt.

§. 513.

Eines der wirkſamſten Hülfsmittel zur Verſtärkung der Hitze iſt das Anblaſen. Das Feuer muß an ſich ſchon einen Zufluß von Luft haben. Die Luft iſt mit allen Arten von Ausdünſtungen, und beſonders auch mit brennlichem Weſen beladen, welches dem Feuer Nahrung giebt. Sodann wird auch die Bewegung des Feuers durch den Zufluß der Luft, und die ſchnelle Ausdehnung, ſo ſie im Feuer leidet, befördert und wirkſamer gemacht. Ueberdies kann durch behöriges Anblaſen die Kraft des Feuers nach einer beliebigen Gegend gerichtet werden, und die vermehrte Geſchwindigkeit machet, daß in gleicher Zeit deſtomehr Feuertheilchen gegen den zu erhitzenden Körper getrieben werden. Aus dieſem Grunde läßt 23. Figur. es ſich gedenken, daß, wenn durch das Löthröhrchen B A die Flamme nach C E getrieben wird, ihre Kraft in Verhältniß von E F zu C E verſtärkt werde. Dieſes machet, daß man in E eine ziemlich dicke gläſerne Röhre ſchmelzen kann, da hingegen in der gerade aufwärts und frey brennenden Flamme ſich kaum ein dünnes Haarröhrchen zuſchmelzen läßt.

§. 514.

Endlich iſt auch das Reiben und Hämmern ein Mittel die Wärme zu verſtärken. Die Theilchen der Körper werden dadurch zuſammengepreßt, und dieſes macht die Dichtigkeit der Feuertheilchen größer. Sodann entſteht dadurch eine zitternde Bewegung, welche mit beyträgt, daß die Feuertheilchen wirkſamer werden. (451.) Beym ſtarken Reiben geräth Holz in Flammen, und kaltes Eiſen läßt ſich durch bloßes Hämmern glühend ſchmieden. Es wird dichter, zugleich aber auch ſpröder.

Digitized by Google

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Sechster Theil.

Erstes Hauptstück.

Grundbegriffe.

§. 515.

Ich verstehe hier durch Menge der Wärme so viel als die ganze Summe oder den ganzen Vorrath derselben in beliebigen Absichten. Sie kömmt in vielen Fällen mit dem überein, was wir Menge der Feuertheilchen nennen können. Es giebt aber auch Fälle, wo ein Unterschied gemacht werden muß, sofern nemlich von gleich vielen Feuertheilchen ungleich viel Wärme entsteht, wenn sie nicht in einerley Art von Körpern sind. (§. 309.) Das Wort Wärme bezieht sich auf die Kraft der Wärme, ohne Rücksicht auf die Menge von Feuertheilchen, so dazu erfordert wird.

§. 516.

Die leichteste Art, sich diese Unterschiede deutlich vorzustellen, ist, wenn wir uns zween Körper, von einerley Materie aber, ungleicher Größe gedenken. Bey einerley Grad der Wärme werden wir doch sagen müssen, daß der größere mehr Wärme enthalte als der kleinere. Und man sieht ohne Mühe, daß, da die Stärke oder Kraft der Wärme in beyden gleich ist, die Menge der Wärme nach Maaße der Größe der Körper zunimmt.

§. 517.

Sind hingegen die Körper von gleicher Materie und Größe aber ungleich warm, so werden wir ebenfalls sagen müssen, daß in dem wärmern mehr Wärme sey. Die Menge der Wärme ist demnach hier ihrer Stärke oder Kraft proportional.

§. 518.

Es folgt nun hieraus ohne Mühe, daß, so lange die Körper von einerley Materie sind, die Menge der Wärme in zusammengesetzter Verhältniß ihrer Kraft

und

und der Gröſſe des Körpers iſt. Die Menge der Wärme läßt ſich nicht wohl anders als vermittelſt der Körper meſſen, in welchen ſie ſich befindet.

§. 519.

Sind die Körper nicht von einerley Materie, ſo wird zwar immer das erſt erwähnte Verhältniß ſtatt finden. Nur muß in denen Fällen, wo die Wärme aus dem einen in den andern übergeht, auf die Ungleichheit der Wirkung Rückſicht genommen werden. Denn das, was eigentlich übergeht, ſind die Feuertheilchen. Und dieſe behalten oder äußern nicht in allen Körpern gleiche Kraft.

§. 520.

Um demnach hierüber Rechnung zu tragen, thut man am beſten, wenn man die Menge der Feuertheilchen beſonders berechnet. Wir können zwar dieſelben weder abzählen, noch unmittelbar meſſen. Indeſſen hindert nichts, dieſes mittelſt der Körper ſelbſt zu thun, in welchen ſie ſich befinden. Es kömmt alles auf die Einheiten an, welche man bey der Rechnung zum Grunde legt. Und dieſe laſſen ſich gut kenntlich machen.

§. 521.

Alſo z. E., wenn ein Thermometer von gegebener Materie und Gröſſe um eine beſtimmte Anzahl von Graden ſteigen ſoll, ſo wird allerdings eine beſtimmte Menge von Feuertheilchen dazu erfordert. Ein doppelt gröſſeres Thermometer von gleicher Materie wird zu eben der Veränderung doppelt mehr Feuertheilchen nöthig haben.

§. 522.

Wiederum ſetze man z. E. ein gegebenes Thermometer ſteige an der Sonne 14 Reaumurſche Grade, und ſeine Erkältungs-Subtangente ſey von 8 Minuten: ſo würde es, wenn es beym Erwärmen nicht wieder erkältete, dieſe 14 Grade Wärme in 8 Minuten von der Sonne erhalten. Es erhält dieſelben auch in der That in dieſer Zeit. Der Unterſchied iſt alſo nur, daß ein Theil inzwiſchen wieder weggeht. Es hindert dieſes aber nicht, die in einer beliebigen Zeit erhaltene oder zu erhaltende Wärme in eine Summe zu bringen, wenn die Berechnung dieſer Summe zu andern Abſichten und Vergleichungen dienen kann.

§. 523.

Man gedenke ſich eben ſo einen andern Körper, z. E. einen Cubicfuß Waſſer, Stein, Eiſen ꝛc. Erhält derſelbe einen beſtimmten Grad von Wärme, ſo wird ebenfalls eine beſtimmte Menge von Feuertheilchen dazu erfordert, er mag nun dieſe an der Sonne, oder am Feuer, oder mittelſt eines andern Körpers erhalten. Das ändert an der Sache weiter nichts. Die Menge der Feuertheilchen oder der Wärme, kann immer mit derjenigen, ſo andere Körper von eben der Art, aber verſchiedener Gröſſe und bey andern Graden von Wärme erhalten, verglichen werden.

Digitized by Google

§. 524.

Da die Wärme die Körper ausdehnt, ſo folgt allerdings, daß die Feuertheilchen darinn ſich Raum machen, und zwar gerade ſo viel als die Erweiterung des ganzen Körpers austrägt. Es ſcheint daher, daß dieſe Erweiterung des Raumes eigentlich derjenige Raum ſey, welcher zum Maaße von der Menge der Feuertheilchen dienen könne. Alſo z. E., wenn 30 Cubiczoll Weingeiſt durch die Wärme ſich bis auf 31 Cubiczoll ausdehnen, ſo haben die hinzugekommenen Feuertheilchen ſich Raum gemacht, und zwar 1 Cubiczoll. Man kann alſo gewiſſermaaßen ſagen, es ſey ein Cubiczoll Feuertheilchen hineingekommen. Und wenn eben dieſe Erwärmung, die ungefähr, die vom Winter zum Sommer iſt, bey 30 Cubicfußen Weingeiſtes ſtatt findet, ſo wird man in eben dem Verſtande ſagen können, daß die darein gekommene Feuertheilchen einen Cubicfuß betragen.

§. 525.

Wenn nun aber eben dieſe Feuertheilchen in Queckſilber kommen, ſo fällt die Rechnung ganz anders aus. Ihre Kraft wird um die Hälfte verſtärkt. (§. 308.) Sollen ſie demnach nicht mehr Wärme verurſachen als im Weingeiſte, ſo müſſen, ſtatt der 30 Zoll, 45 genommen werden. Und dann werden dieſe 45 Cubiczoll nur bis auf etwa $45\frac{1}{10}$ ausgedehnt. (§. 201.) Der Cubiczoll Feuertheilchen im Weingeiſte, wird daher im Queckſilber auf $\frac{1}{10}$ Cubiczoll enger zuſammengedrückt. Und wenn das Leinöhl, ſo wie das Baumöhl, in Anſetzung der Kraft der Feuertheilchen mit dem Queckſilber übereinſtimmen ſollte, (§. 308.) ſo werden ebenfalls 45 Cubiczolle nöthig ſeyn, damit darinn die Feuertheilchen, die in 30 Zollen Weingeiſtes 1 Zoll betragen, eben die Erwärmung hervorbringen. Es folgt aber aus (§. 105. 114.), daß dieſer Cubiczoll im Leinöhl ſich um etwas erweitern und etwa $1\frac{1}{10}$ Cubiczoll betragen wird. In andern Körpern kommen andere Veränderungen zum Vorſchein. Der eigentliche Grund davon iſt, daß, da die Feuertheilchen elaſtiſch ſind, der Raum, den ſie einnehmen, an ſich unbeſtimmt iſt, und ſich daher nach den Cohäſionskräften und Zwiſchenräumchen der Körper ändert. Man ſieht aus dieſen Beyſpielen, welche Reductionen nöthig ſind, wenn man nach dieſer Vorſtellungsart die Menge der Feuertheilchen nach Cubiczollen angeben will. Die Materien ſelbſt und die Cubiczolle ihrer Maſſen kommen nothwendig mit in Betrachtung. Es kommen aber noch zween Umſtände hinzu, die man nicht ſo ſchlechthin aus der Acht laſſen kann.

§. 526.

Der erſte iſt, daß bey einigen Körpern, wie z. E. bey eingeſchloſſenem Waſſer, Weingeiſt ꝛc. die Ausdehnung den Graden der Wärme nicht durchaus proportional bleibt. Und dann iſt noch der andere Umſtand, daß wenn die Wärme größer wird, die Feuertheilchen in den Zwiſchenräumchen dichter ſeyn können. Wenn demnach eine Materie ſich durch die Wärme um 1 Cubiczoll, und dann

durch Vermehrung der Wärme noch um 1 Cubiczoll ausdehnt, so können gar wohl in dieſen zween Cubiczollen über doppelt mehr Feuertheilchen ſeyn, als in dem erſten Cubiczoll waren. Indeſſen iſt der Unterſchied mehrentheils geringe, und kömmt nur dann in Betrachtung, wo man alles aufs genaueſte nehmen, oder, wie *de Luc* es hat thun wollen (§. 295.) aus der Wärme gemiſchten Waſſers, Grade der Wärme von gleich großen Unterſchieden beſtimmen will.

§. 527.

Die abſolute Menge der Wärme oder der Feuertheilchen in den Körpern, kömmt eben ſo, wie die abſoluten Grade und Kräfte der Wärme, ſehr ſelten in Erwägung. Es ſind auch im vorhergehenden nur zween Fälle vorgekommen, wo darauf Rückſicht genommen werden mußte. Der erſte war beym Luftthermometer, weil die ganze Kraft der Wärme immer mit der ganzen Schnellkraft der Luft im Gleichgewichte iſt, und letztere durch die zum Zuſammendrücken der Luft erforderliche Kraft immer ganz beſtimmt wird. (§. 47. u. f.) Wenn bey feſten Körpern das abſolute Maaß ihrer Cohäſionskräfte durch Verſuche oder auch nach allgemeinen Geſetzen beſtimmt werden könnte, ſo würde ſich auch die abſolute Kraft der Wärme daraus erweiſen laſſen, ſo wie ich oben (§. 444. u. f.) die letzten Unterſchiede dieſer Kräfte miteinander verglichen habe.

§. 528.

Der andere Fall kam da vor, wo ſich bey Miſchungen verſchiedener Materien von gleicher Wärme, die Cohäſionskräfte, nebſt der Dichtigkeit, und damit auch die Wärme ändert. Dieſes geht die ganze Summe der Feuertheilchen an, die zugleich mit den Materien zuſammengegoſſen werden. Wird die Miſchung kälter, ſo iſt dieſe Summe zu geringe. Hingegen iſt ſie zu groß, wenn die Miſchung wärmer wird, und dann geht alles, was zu viel iſt, aus der Miſchung weg, ſo wie im erſtern Fall Feuertheilchen von außen hinzukommen. bis die Wärme der Miſchung der äußern Wärme gleich wird. Die Art, die Berechnung anzuſtellen, habe ich im vorhergehenden durch das Beyſpiel der Miſchung von Waſſer und Weingeiſt erläutert. (§. 486. 487.)

Zweytes Hauptstück.

Anwendung auf einige Fälle.

§. 529.

Außer der Menge der eigentlich wirksamen Wärme, die nemlich in den Körpern sowohl den Cohäsionskräften als der äußern Wärme das Gleichgewicht hält, liegt in den brennbaren Körpern, z. E. in Holz, Schwefel, Weingeist ꝛc. noch ein Schatz oder Vorrath von Wärme, der erst durch das wirkliche Anzünden muß rege gemacht werden. Die dazu nöthige äußere Luft trägt dann allerdings das ihrige mit bey. §. 513.) Indessen scheinen doch immer dieser Körper den Grundstoff dazu herzugeben.

§. 530.

Wenn nun das Holz nicht Anfangs schon, ehe man es anzündet, fast bis zum Anbrennen, oder wenigstens bis zum Braunwerden, erhitzt worden ist, wie es zuweilen nöthig ist, (§. 510) so geht es mit dem Entzünden Anfangs langsam zu, weil das Holz erst erhitzet werden muß und die anfängliche Flamme mehrentheils geringe ist. Bey feuchtem Holze muß ebenfalls erst die Feuchtigkeit wegdämpfen. Nach und nach aber greift die Flamme mehr um sich, und das Feuer kömmt in den Zustand, da man sagt, daß es nun am besten brennt. Dieser Zustand als das Maximum der Hitze dauert eine Weile, ohne merkliche Aenderung. Nachgehends aber fängt man an zu merken, daß die öhligte Theile, die die vornehmste Nahrung der Flamme waren, anfangen, seltener zu werden. Die Flamme vermindert sich, das Holz, das schon ganz zu Kohlen, und theils auch schon zu Asche verbrennt ist, bricht in Stücke, die man näher zusammenrücken muß, um vollends alles zu verbrennen, dafern man nicht die Absicht hat, durch Anlegung von frischem Holze ein länger dauerndes Feuer zu unterhalten.

§. 531.

Das brennende Holz kann besonders zur Zeit, da es am besten brennt, oder das Maximum der Hitze erreicht hat, als ein Körper angesehen werden, dessen Hitze etwa dem 4000ten Grad des Lufthermometers gleich ist. Dieser Körper würde nun, nach Maaße seiner eigenen Erkältungs-Subtangente erkälten, wenn nicht der Abgang durch die noch vorräthige brennliche Materie ersetzt würde. Ist nun, wie zu Winterszeit die Kälte der äußern Luft beym Frierpunct oder 1000ten Grad des Lufthermometers, so ist $4000 - 1000 = 3000$ der Ueberschuß der Hitze. Und nach diesem richtet sich die Erkältung. Man setze z. E., die Erkältungs-Subtangente sey von einer Stunde, so würde, wenn das Maximum der Hitze eine Stunde lang dauerte, in dieser Stunde so viel Hitze wegfließen als das Feuer wirklich hat.

§. 532.

Um dieſes deutlicher einzuſehen, ſtelle man ſich vor, daß zur Zeit, wo das Feuer das Maximum ſeiner Hitze erreicht hat, der innere Zufluß aufhöre, ſo wird unter eben den Vorausſetzungen das Feuer ſeine Hitze nach den Ordinaten einer logarithmiſchen Linie verlieren, deren anfängliche Ordinate = 3000, die Subtangente = 1 St. = 3600″ Zeit iſt. In dem erſten Zeittheilchen $d\tau$ iſt alſo der Abgang der Wärme

$$= \frac{3000 \cdot d\tau}{3600} = \frac{5 \cdot d\tau}{6} \text{ Gr.}$$

Da nun ſo lange der Abgang durch den innern Zufluß wieder erſetzt wird, auch die 3000 Grade Ueberſchuſſes von Wärme bleiben, ſo werden in jedem folgenden gleich großen Zeittheilchen $d\tau$ ebenfalls wider

$$\frac{5\, d\tau}{6} \text{ Gr.}$$

Wärme abgehen und wieder erſetzt werden. Sollte demnach das Maximum der Hitze eine Stunde lang fortdauern, ſo wird, da eine Stunde $\frac{3600}{d\tau}$ ſolcher Zeittheilchen enthält, die Summe aller abgehenden Wärme

$$= \tfrac{5}{6}\, d\tau \cdot \frac{3600}{d\tau} = 3000 \text{ Gr.}$$

ſeyn, demnach gerade ſo viel betragen, als ich vorhin ſagte.

§. 533.

Man begreift nun ferner, daß, wenn das Maximum nur einen $\frac{1}{12}$ Theil einer Stunde dauert, die während dieſer Zeit abgehende Wärme auch nur $\frac{1}{12}$ Theil der 3000 Graden betragen werde. Und hinwiederum, wenn die Erkältungs-Subtangente länger oder kürzer als eine Stunde iſt, von ihrer wahren Dauer das gilt, was ich hier von einer Stunde geſagt habe.

§. 534.

Wenn nun aber das Feuer anfängt abzunehmen, daß es nicht mehr ſo ganz mit vollen Flammen brennt, ſo bleibt zwar der Ueberſchuß von 3000 Graden noch eine Weile der Stärke nach, aber nicht mehr nach der Menge. Das Holz wird beym Verbrennen lockerer und fällt zuſammen. Die Maſſe und der Raum, den es einnahm, wird kleiner, und damit wird auch die Erkältungs-Subtangente geringer. Dieſes beſchleuniget das Erkälten, daß es damit bald zu Ende geht.

§. 535.

Es läßt ſich nun auch leicht gedenken, daß, ſo lange das Feuer das Maximum ſeiner Hitze noch nicht erreicht hat, die wirklich brennende Theil zwar

ebenfalls 3000 Grade Ueberschuß von Hitze, aber nur der Stärke, nicht der Menge nach, haben. Die Menge nimmt noch zu, weil der Zufluß noch immer stärker als der Abgang ist, und eben daher das Feuer noch größer wird, bis es sein Maximum erreicht, und dann wieder anfängt, abzunehmen.

§. 536.

19. Figur. Wenn man sich nun von dem ganzen Vorrathe von Hitze, welcher in einem Haufen aufgebeugten Holzes ist, und beym Verbrennen desselben wirksam wird, überhaupt einen Begriff machen will, so wird derselbe am füglichsten durch den Flächenraum einer krummen Linie A b c d E vorgestellt. Der Anfangspunct A ist die Zeit, da das Holz angezündet wird. Eine jede Abscisse $AP = \tau$ stellt die Zeit vor, während welcher das Feuer schon gebrennt hat. Setzt man das nächstfolgende Zeittheilchen $d\tau = Pp$, so ist das Räumchen $PMmp$ das Maaß der Menge der Wärme, welche während diesem Zeittheilchen abgeht. Der Raum A b c d E A stellt demnach die ganze Menge des Feuers vor, welche in dem Holze gewesen war und rege gemacht worden ist, sofern sie die vorerwähnte 3000 Grade Ueberschuß über die Wärme der äußern Luft hat. Denn mehr kann nicht abgehen, als was dieser Ueberschuß austrägt.

§. 537.

Es würde sehr unnöthig seyn über die Natur der Linie A b c d E andere als ganz allgemeine Betrachtungen anzustellen. Man muß das Feuer öfters nachschüren, um es besser zusammenzurücken, wenn das Holz anfängt in Stücke zu verfallen. Dadurch aber wird die Continuität der Linie oft sehr stark unterbrochen. Man kann sich aber ohne Mühe vorstellen, daß die Ordinaten Anfangs langsam und dann schneller, endlich beym Wendungspunct b am schnellesten zunehmen. Von da an nehmen sie immer langsamer zu, bis sie in c ihr Maximum erreichen; wo sie dann anfangen immer mehr, und im zweyten Wendungspunct d am schnellesten, nachgehends aber immer langsamer abzunehmen, bis das Feuer in E ganz ausgegangen oder endlich selbst auch die Asche erkältet ist.

§. 538.

Wenn man von dieser Menge der Wärme in Absicht auf den Erfolg nur beyläufig eine Berechnung vorzunehmen hat, so kann man sich, statt des Flächenraumes A b c d E A ein Rectangel von gleicher Größe gedenken, welches die Höhe C c habe. Dieses ist eben so viel, als wenn man setzt, das Maximum der Wärme habe gleich Anfangs statt gefunden, und eine um so viel kürzere Zeit gedauert. Der Erfolg, im Ganzen betrachtet, wird wenig von dem wahren verschieden seyn. Und das ist zu einem beyläufigen Ueberschlage schon genug. Wer hingegen genauer sehen will, wie die Größe des Feuers von einem wohlgebeugten Haufen Holze zu und abnimmt, der kann einen solchen mitten auf dem Feuerheerde, an einem Tage, da bey windstillem Wetter die Wärme der Luft sich wenig ändert, an

Digitized by Google

zünden und abbrennen lassen, und in behörigen Entfernungen Thermometer stellen, deren Kugeln der Hitze frey ausgesetzt seyn müssen, und diese von Minute zu Minute beobachten. Dann wird sich, mittelst der Erkältungs-Subtangente der Thermometer bestimmen lassen, wie groß der Zufluß der Wärme des Feuers auf die Thermometerkugel zu jeder Zeit war. Diesem Zuflusse werden die Ordinaten der Linie A b c d E proportional gemacht, und so wird die Natur der Linie a posteriori bestimmt, und die Linie selbst construirt werden können. Man hat hiebey die Formel (§. 270.)

$$dy = n\,d\tau - \frac{y\,d\tau}{7}$$

welche

$$n = \frac{7\,dy + y\,d\tau}{d\tau} = \frac{7\,dy}{d\tau} + y$$

gibt. Hier ist y, der jedesmal beobachtete Grad des Thermometers über der Luftwärme, 7 dessen Erkältungs-Subtangente, und dy das Steigen des Thermometers in dem Zeittheilchen $d\tau$. Und n stellt jede Ordinate P M vor, die der Zeit A P $= \tau$ entspricht. (§. 536.)

§. 539.

Um nun von vorerwähnter beyläuftigen Berechnung ein Beyspiel zu geben, wollen wir setzen, daß des Winters in einen Stubenofen zween Cubicfuß Feuer sey, und daß der innere Raum des Ofens 8 Cubicfuß betrage. Ungeachtet nun, damit das Feuer brenne, der Zufluß der Luft und Abfluß des Rauches frey sey, und demnach der Ofen nicht ganz geschlossen werden muß, so macht doch die immer neue Erzeugung von Hitze, daß der durch solche Oeffnung verursachte Abgang reichlich wieder ersetzt wird. Der Ueberschuß der Hitze des Feuers über der Kälte der äußern Luft mag 3000 Grade des Luftthermometers betragen. Da aber der Raum des Ofens viermal größer als der vom Feuer ist, so wird dieser Ueberschuß auf seinen vierten Theil vermindert, und beträgt demnach nur 750 Grad, welche demnach den mittlern Ueberschuß der innern Wärme des Ofens über der Kälte der äußern Luft angeben. Ist diese beym Frierpunct oder beym 1000ten Grade, so wird $1000 + 750 = 1750$ das Mittel von der innern Wärme des Ofens vorstellen. Diese Hitze ist also so groß, daß gemeines Zinn dabey schmelzen kann. (§. 475.) Es erhält nun aber der Ofen diese Hitze nicht mit einemmale, sondern nur nach und nach. Und da das Feuer nicht so lange unterhalten wird, so wird der Ofen auch ungleich weniger erwärmt. Die Erkältungs-Subtangente des Ofens mag z. E. 4 Stunden betragen. Das Feuer brennt selten eine Stunde. Also ist A P $= \frac{1}{4}$ A T, und (§. 271.) 6. Figur.

$$\begin{aligned} \log.\ 750 &= 2,8750613 = \log.\ AD \\ \tfrac{1}{4}.\ 0,4342945 &= 0,1242874 = \tfrac{1}{4}\log.\ A\,D:\,T\,Q \\ & \quad 0,7507739 = \log.\ P\,M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P\,M &= 563 \\ A\,D &= 750 \\ AD - P\,M &= 187 \end{aligned}$$

der mittlere Ueberschuß der Wärme des Ofens; folglich die Wärme selbst = 1000 + 187 = 1187 Grade des Lufthermometers. Der Ofen mag wohl an einigen Orten wärmer seyn. An andern Orten aber hat er dagegen auch weniger Wärme. Ist seine Erkältungs-Subtangente nur von 3 Stunden, wie, wenn z. E. der Ofen mehr Oberfläche hat, so wird seine mittlere Wärme 1211 Grade des Lufthermometers betragen. Man wird die Hand nicht lange am Ofen halten können. Nun theilt der Ofen diese Wärme ebenfalls nicht ganz dem Zimmer mit, weil er früher wieder erkältet, und weil nicht nur die Luft, sondern auch wenigstens die Oberfläche der Wände des Zimmers erwärmt werden müssen. Und so geht die mittlere Wärme des Zimmers, auch wenn sie ihr Maximum erreichet hat, selten über den 1060sten Grad. Das Zimmer hat in Ansehung seiner Wände, Fenster und Thüren seine eigene Erkältungs-Subtangente, die einem oder mehrere Tage beträgt, nachdem das Zimmer groß oder klein, getäfelt, tapezirt, oder von bloßen Mauern, gut oder schlecht geschlossen, der äußern kalten Luft mehr oder weniger ausgesetzt ist. Bey gleich starkem Einfeuern wird ein Zimmer gewöhnlich nur 40, 50, 60 Grade des Lufthermometers mehr Wärme haben als die äußere Luft. Es muß daher, wenn es außen sehr kalt ist, mehr und öfters eingefeuert werden. Andere hieher gehörende Betrachtungen sind bereits im vorhergehenden gelegentlich angeführt worden. (§. 285. 355.)

§. 540.

Liebknecht hat im Jahr 1714. unter seinem Vorsitze eine Dissertation vertheidigen lassen, welche den Titel führt: Pyrometriae seu ignis mensurandi et intendendi novum ac generale Specimen. In derselben führt er einige Versuche an, woraus sich die Güte verschiedener Holzarten beym Brennen sollte beurtheilen lassen. Er schnitt aus denselben Bretterchen von gleicher Größe etwa 4 Linien dick. Das Holz war ganz neu gehauen und hatte demnach noch viele Feuchtigkeit. Diese Bretterchen legte er in Brennpunct eines Brennspiegels, und beobachtete die Zeit, binnen welcher sie verbrennt wurden. Diese Zeit war für das Stückchen von

Eichenholz	5′.	30″
Maßholder	5.	0
Haselstrauch	3.	35

Wache

Wachholder	3. 30
Büchen	4.. 0
Kirſchbaum	2. 35
Aeſpen	2. 30
Ellern	2. 0
Weiden	1. 30
Linden	1. 0

Da die Brennſpiegelhitze hier mit half, ſo gieng es in Anſehung des Verbrennens allerdings hurtiger zu. Da aber weder die Größe des Sonnenbildes, noch die von den Stückchen Holz angegeben ſind, ſo laſſen ſich hierüber keine fernere Betrachtungen anſtellen. Man ſieht auch nicht wohl ab, warum gerade nur dieſe Holzarten gewählt worden ſind.

§. 541.

Als ich mir die in den Mem. de l'Acad R. de Berlin 1770. beſchriebene Lampe mit zwo Flammen hatte machen laſſen, beobachtete ich die Zeit, in welcher 2 Pfund Baumöl aufbrennen, und fand, daß 77 Stunden dazu erfordert wurden. Jede Flamme hatte etwa $\frac{1}{60}$ Cubiczoll Raum. Daraus folgt, daß jede Flamme in Zeit von einer Stunde $\frac{2}{77}$ Cubiczoll Oehl verbrennt, und demnach viermal ſo viel als ſie groß iſt. Dieſes giebt in jeder Minute beynahe 2 Gran Oehl, welche theils als Flamme, theils als ein die Flamme umgebender Dampf, deſſen Schatten man an der Sonne gar wohl ſehen kann, in die Höhe ſteigen. Die Hitze, die theils damit in die Höhe geht, theils ſeitwärts ausfährt, iſt ſehr beträchtlich. Ich hielt eine blecherne Röhre A B D von 139 Linien Länge und 6 Linien Diameter an einem Drate über der Flamme F, ſo, daß dieſelbe, nebſt dem ſie umgebenden Dampfe ganz durchziehen konnte. Die Röhre war oben auf die Länge von etwa 2 Zollen aus anderweitigen Gründen umgebogen. Nach Verlauf von 45 Secunden Zeit fieng ein oben in B aufgedrucktes Körnchen Wachs an zu ſchmelzen, und unten bey der Flamme in A ſchmolz die Löthung. Dieſes machte, daß ich die Röhre wieder wegnahm. Die Erhitzung würde ſonſt noch größer geworden ſeyn. 30. Figur.

§. 542.

Die Hitze ganz unten an der Röhre in A war alſo ungefähr die von ſchmelzendem Zinn, oben in der Entfernung von 125 Linien, bey B war die von ſchmelzendem Wachſe. Folglich in Graden des Luftthermometers 1800, und 1326. Die Wärme der Luft im Zimmer betrug 1060 Grad. Demnach der Ueberſchuß der Hitze

in A unten an der Röhre = 1800 — 1060 = 740 Grad.
in B 125 Linien weit davon = 1326 — 1060 = 266 Grad.

Dieſes ſind Ordinaten einer logarithmiſchen Linie, zwiſchen welchen eine Abſciſſe von 125 Rheinl. Linien liegt, (§. 327.) daraus ergiebt ſich deren Subtangente = 122 Linien, und die mittlere Wärme der Röhre = (740 — 266) $\frac{122}{125}$ = 462 Grad. Alſo würde 1060 + 462 = 1522 der Grad der Wärme der ganzen Röhre geweſen ſeyn, wenn ſie gleichförmig durch dieſelbe vertheilt geweſen wäre. Dieſe Wärme war nun noch nicht alle, ſo die Flamme der Röhre in Zeit von 45″ hätte mittheilen können. Denn noch ein guter Theil zog ſich zum andern Ende der Röhre hinaus. Die ganze Wärme findet ſich aber nach der Analogie

(740 — 266): 740 = 462: 721.

Alſo hätte die ganze Hitze 1060 + 721 = 1781 Grade betragen können. Und da iſt noch nicht mitgerechnet, was von der Flamme ſeitwärts und theils unterwärts wegfuhr, ohne in die Röhre einzudringen. Dieſe 721 Grad Hitze kamen nun von $1\frac{1}{2}$ Gran Oehl, welche in den 45″ Zeit verbrennten. Die Röhre wog genau 3 Loth oder 720 Gran. Alſo hätten $1\frac{1}{2}$ Gran Oel 720 Granen Eiſenblech in Zeit von 45″ eine Hitze von wenigſten 721 Graden des Luftthermometers mittheilen können, wenn noch alle Feuertheilchen, die zum obern Ende der Röhre herausfuhren, in das Blech hineingedrungen wären. So kurz nun aber die Zeit von 45″ war, war ſie noch immer lange genug, daß von der Hitze, ſo ſie erlangte, inzwiſchen wiederum ein Theil weggieng. Wenn wir aber auch bey den 721 Graden bleiben, ſo wird immer folgen, daß, wenn ſie in etwa 180 Gran Eiſenblech concentrirt geweſen wären, ſie viermal würde verſtärkt worden ſeyn, und demnach 4. 721 = 2884 Grad Ueberſchuß über 1060 Grade betragen haben. Dieſe 180 Gran Eiſenblech hätten demnach eine Hitze von 2884 + 1060 = 3944 Gr. des Luftthermometers gehabt. Das will alſo ſagen, ſie würden, wo nicht geſchmolzen, doch wenigſtens weißglühend geworden ſeyn. Das will nun ferner ſagen, die in einem Gran Baumöl liegenden Feuertheilchen ſind zureichend 120 Gran Eiſenblech zum Schmelzen heiß zu machen. Dieſes klärt den §. 529. auf, und gibt ſo ziemlich zu erkennen, wie viele ungenützte Hitze durch die Schornſteine herausfährt, und wieviel Abbruch der Nutzung des Feuers der Umſtand thut, daß man dem Feuer einen freyen Zug von Luft laſſen muß. Es trägt aber freylich hinwiederum die Luft mit zur Vermehrung der Hitze bey.

§. 543.

Ich habe in der vorhergehenden Rechnung die zwo Analogien gebraucht,

125 : 122 = (740 — 266): 462.
(740 — 266): 740 = 462 : 721.

welche ſich ohne Mühe in folgende

125: 122 = 740: 721

oder genauer

$$125 : 122 = 740 : 722$$

zuſammenziehen laſſen. Und dieſes will nun ſagen, daß, wenn die 722 Gr. Wärme, ſo in 125 Linien langer Röhre ſind, in eine Röhre von 122 Linien concentrirt werden, ſie 740 Gr. betragen. Und dieſes will dann ferner ſagen, daß, wenn die Röhre unendlich lang wäre, alle Wärme, ſo ſie in 45″ Zeit erhält, in eine der Subtangente gleich lange Röhre concentrirt, derſelben durchaus eben den Grad der Wärme geben würde, den das untere Ende der Röhre erhalten hat. Man ſieht ohne Mühe, daß dieſer Satz die Rechnung ſehr abkürzt, weil es dabey nur nöthig iſt, die Länge der Subtangente und die Hitze an dem der Flamme unmittelbar ausgeſetzten Ende zu wiſſen. Uebrigens muß man, um die Subtangente beſtimmen zu können, allerdings noch die Wärme in irgend einem andern Punct der Röhre durch Verſuche ausfündig machen.

Digitized by Google

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Siebenter Theil.

Von der Empfindung der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Wärme menschlicher und thierischer Körper.

§. 544.

Die Verwandlung der Nahrung in alle die Theile, woraus menschliche und thierische Körper bestehen, die in Ansehung der Dichtigkeit und der Cohäsionskräfte verschieden sind, leitet ganz ungezwungen auf den Gedanken, daß auch die in den Nahrungsmitteln liegenden Feuertheilchen, in Ansehung der Wärme ungleiche Wirkungen hervorbringen können. Die erste Veränderung geht bereits im Munde beym Käuen, fürnemlich aber im Magen vor, und dann können auch in den Drüsen, wo der Nahrungssaft neue Verwandlungen leidet, neue Veränderungen der Wärme vorgehen. Endlich dient besonders die schnelle Bewegung des Blutes in den Pulsadern dazu, die Wärme selbst in die äußerste Theile des Leibes zu bringen. Die Bewegung des Leibes befördert immer auch die vom Geblüte, und überdies den Durchfluß der Säfte durch die Drüsen, Gefäße und selbst auch durch die festern Theile, und dadurch so, wie durch das Reiben kann so wohl neue Wärme erzeugt als die bereits erzeugte wirksamer gemacht und ausgebreitet werden. Das Anreiben der flüßigen Theile an die festern, dürfte wohl nicht viel Wärme erzeugen, und des Douglas Meynung, als könnten die Blutkügelchen dazu mehr beytragen, wird von ihm so vorgetragen, als wenn die Nahrung erst müßte in Blut verwandelt werden, ehe einige Wärme daraus erzeugt werden kann, und so müßte, wenn man sagt, daß die Speisen im Magen kochen, das Blut das Feuer dazu hergeben. Man kömmt ungezwungener fort, wenn man

dieſe Vorſtellungsart umkehrt. Die Wärme entſteht nicht aus nichts. Wenn nicht ſchon Feuertheilchen da ſind, die durch das Reiben zuſammengedrückt und wirkſamer gemacht werden, (§. 514.) ſo wird das Reiben ſelbſt wenig ausrichten. Aus Luft und Nahrung muß der Abgang der Wärme erſetzt werden, und dazu iſt die Aenderung der Cohäſionskräfte ſchon hinreichend.

§. 545.

Der Erfolg oder die unmittelbare Erfahrung gibt nun überhaupt an, daß die Wärme des menſchlichen Leibes, zumal in den innern Theilen von einem ziemlich beſtimmten Grade iſt. Dieſer Grad iſt ungefähr der 96. oder 98ſte Fahrenheitſche, und demnach immer größer als die Wärme der äußern Luft, weil ſelbſt in den wärmſten Ländern die Luft ſelten dieſen Grad der Wärme erreicht. Der Erfolg hievon iſt nun nothwendig, daß der menſchliche Leib beſtändig erkältet, und daher, wenn er erſtbemeldten Grad der Wärme behalten ſoll, eines beſtändigen Zuflusſes von innerer Wärme bedarf, und dieſe muß alſo, mittelſt der Luft und der Nahrung erzeugt werden.

§. 546.

Wenn man nun hiebey nur auf den Unterſchied der Wärme des Leibes und der äußern Luft Rückſicht nimmt, ſo ſcheint es, daß der Leib des Winters mehr Wärme verlieren, und demnach mehr neue Wärme erzeugt werden müſſe, als im Sommer. Dieſer Schluß iſt auch einigermaaßen, jedoch mit behöriger Einſchränkung, richtig. Im Sommer muß man überhaupt mehr trinken, da man hingegen im Winter mehr iſſet. Es ſind nun aber auch im Sommer alle Gänge, und beſonders die Schweißlöchchen, mehr offen, die Feuchtigkeiten gehen häufiger durch, die Ausdünſtung derſelben geht oft bis zum förmlichen Schwitzen, und damit geht zugleich auch ſehr viele Wärme weg. Das oben (§. 281) angeführte Beyſpiel des beym Auströcknen kälter werdenden Thermometers, findet hier ſeine Anwendung, weil das Auströcknen, mittelſt des Ausdünſtens, erfolgte.

§. 547.

Hierüber hat *D.* John Linings, ein Arzt zu Charleſtown, in Südcarolina, ſehr umſtändliche Verſuche angeſtellt. Er wog Jahr und Tage Speiſe und Trank, nebſt dem wieder abgehenden ſorgfältig ab, und beobachtete zugleich auch die Wärme der äußern Luft nach dem Fahrenheitſchen Thermometer. Aus den beobachteten nahm er für jeden Monat das wahre Mittel, indem er die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen theilte, und alles auf Stunden reducirte. Den Erfolg ſtellt folgende Tafel vor:

Monat.	Unzen ſtündlicher Ausdünſtung.		Unzen ſtündlichen Urines.		Fahrenheitſches Thermometer.		Unzen des Genoßnen.
	Nachts.	Tages.	Tags.	Nachts.	Nachm.	Abends.	ſtündlich.
März.	1, 85	1, 71	3, 16	2, 61	63	54	4, 89
April.	2, 45	1, 72	2, 96	2, 06	74	65	4, 56
May.	2, 75	1, 77	1, 22	2, 58	78	70	4, 91
Jun.	3, 42	2, 05*	2, 00	2, 55	83	74	5, 23
Jul.	4, 42	2, 08	1, 57	2, 37	86	76	5, 78
Auguſt.	3, 68*	1, 66	2, 05	2, 87	81	74	5, 43
Septemb.	3, 63	1, 77	1, 69	2, 13	78	72	4, 93
October.	1, 74	1, 68	1, 71	2, 35	63	56	4, 04
Novemb.	1, 78	1, 57	2, 79	2, 32	56	50	4, 57
December.	1, 98	1, 42	3, 18	2, 43	48	41	4, 90
Januar.	1, 88	1, 37	3, 64	1, 71*	50	43	4, 91
Februar.	1, 74	1, 36	3, 89	2, 22	52	46	4, 94
Mittel.	2, 61	1, 68	2, 55	2, 35	68	60	4, 91

Die mit * bezeichneten drey Zahlen, die etwas zweifelhaft angezeigt waren, habe ich aus der Summe und unten an den Columnen angegebenen Mittel berechnet, und ſo auch die letzte Columne auf Stunden reducirt, damit ſie mit der 2 : : : : 5ten leichter verglichen werden könne.

§. 548.

Die äußere Theile des Leibes ſind der Abwechslung der Wärme mehr ausgeſetzt, und würden es ungleich mehr ſeyn, wenn nicht das Bette und die Kleidung zur Erhaltung der Wärme ſehr viel beytrügen. Im Winter hilft das Einfeuern, daß wir nur, wenn wir uns in der Kälte aufhalten müſſen, deren Wirkung ſtärker empfinden, und die Gewohnheit warme Speiſen zu eſſen, auch warme und ſtarke Getränke zu trinken, trägt ebenfalls mit bey, die Wärme des Leibes mehr zu unterhalten und theils auch zu vermehren. Der Erfolg zeigt auch, daß man ſowohl des Morgens nach dem Aufſtehen, als auch nach dem Eſſen die Kälte der äußern Luft weniger empfindet. Endlich iſt es bekannt, daß man ſich nach und nach zu ſehr verſchiedenen Graden der äußern Wärme und Kälte gewöhnt.

§. 549.

Die umſtändlichſten Verſuche und Beobachtungen über die Wärme des Leibes in verſchiedenen Jahrszeiten, hat Rolandſon Martin in den ſchwediſchen Abhandlungen bekannt gemacht. Er gebrauchte dabey das ſchwediſche Queckſilberthermometer, (§. 115.) und fand nach demſelben vom 22ſten May 1763 bis zum 18ten April 1764.

Die Wärme des Unterleibes zwiſchen	35	:	:	37	Gr.	
der Bruſt	:	:	31	:	:	36 —
der Hände	:	:	15	:	:	37 —
der Füße	:	:	20	:	:	34 —
der Luft	:	:	—36	:	+	23 —

Die Beobachtungen wurden von 9 bis 10 Uhr Vormittags, bey nüchterm Magen und einem verſchloſſenen Zimmer gemacht, und ſehr oft angeſtellt. Martin gibt ſie umſtändlich an, ſagt aber auch, daß man daraus kaum etwas mehr ſchließen könne, als aus den hier angeführten äußerſten Graden. Er fand z. E. die geringſte Wärme der Hand 16 Grade. Dieſes traf einmal mit der größten Kälte der Luft 36 Gr. unter dem Frierpunct zu, ein andermal beym 17ten, und ein drittesmal beym 5ten Grade unter dem Frierpunct. Es iſt offenbar, daß Martin das erſtemal die Hand einer ſo ſtrengen Kälte nicht lange ausgeſetzt halten konnte, und ſo läßt ſich von der Kälte der Luft auf die Kälte der Hand nichts beſtimmtes ſchließen.

§. 550.

Wichtiger würde es geweſen ſeyn, wenn Martin zugleich angemerkt hätte, was er jedesmal nach ſeiner Empfindung zu urtheilen, der Luft für einen Grad der Wärme oder Kälte zueignete, ob ſie ihm ſchwül, heiß, warm, lau, gemäßigt, friſch, froſtig, kalt, ſehr kalt ꝛc. vorgekommen. Daraus hätten ſich ſodann, mittelſt der beobachteten Grade des Thermometers mehrere brauchbare Folgen herleiten laſſen. Vorzüglich aber hätte beobachtet werden müſſen, bey welchen Graden des Thermometers die Luft temperirt zu ſeyn ſcheint. Daß dieſes nicht das ganze Jahr durch bey einerley Grade geſchieht, das hat bereits im vorigen Jahrhunderte Mariotte durch die oben (§. 152 — 156) umſtändlich angeführten Beobachtungen erwieſen, wodurch er zugleich das vorhin allgemein herrſchende Vorurtheil widerlegte, als wären die Keller im Winter warm und im Sommer kalt, weil ſie uns nach unſerer Empfindung ſo vorkommen. Er zeigte, mittelſt des Thermometers, daß die tiefſten Keller ihre Wärme wenig oder gar nichts ändern, und daß, wenn ſie nicht ganz unverändert einerley Grad behalten, ſie im Winter kälter als im Sommer ſind. Daß es ſo ſeyn müſſe, läßt ſich aus andern Betrachtungen herleiten. Es war aber in allwegen gut, daß es mittelſt der Thermometer genau beſtimmt wurde.

§. 551.

Das von Mariotte widerlegte Vorurtheil kann nun aber gebrauch werden, wenn wir ſchließen, daß die Luft, die wir gemäßigt, das will ſagen, weder kalt noch warm nennen, im Sommer wirklich wärmer als im Winter ſeyn müſſe. Denn kömmt uns ein beſtändig gleich warmer Keller im Sommer kalt vor, ſo muß die Luft, die uns temperirt vorkömmt, wärmer ſeyn. Und wenn eben der Keller

uns im Winter warm zu ſeyn ſcheint, ſo muß die Luft, die wir alsdann temperirt nennen, kälter ſeyn. Man begreift daraus, daß es im Frühling und im Herbſte Tage geben muß, wo der Keller uns weder kalt noch warm vorkömmt, und wo demnach der Grad des Thermometers im Keller den Grad, der uns alsdann temperirt ſcheinenden Luft angibt. Dieſer Grad iſt nun in Europa, und beſonders diſſeits der Alpen und der Oſtſee ungefähr der 10te Reaumurſche über dem Frierpunct oder der 54ſte Fahrenheitſche. Zwiſchen dem Wendekreiſe iſt er nie ſo tief, weil dort eine beſtändige Sommerhitze iſt.

§. 552.

Ungeachtet nun der uns temperirt ſcheinende Grad der Wärme veränderlich iſt, ſo iſt doch die ganze Veränderung in ziemlich engen Schranken enthalten, zumal bey ſolchen Perſonen, deren Lebensart nicht fordert, daß ſie im Winter den ganzen Tag über in der Kälte ſeyn müſſen, und die ſich demnach die meiſte Zeit in gewärmten Zimmern aufhalten. Dieſen wird im Winter eine Stube, die nur bis zum 12ten oder 13ten Reaumurſchen oder 58 — 60ſten Fahrenheitſchen Grad erwärmt iſt, zumal bey einer ſitzenden Lebensart, mehrentheils nur als temperirt vorkommen. Andere, die nicht ein temperirtes, ſondern ein eigentlich warmes Zimmer haben wollen, laſſen es um einige Reaumurſche Grade mehr, und folglich bis zum 15ten oder 16ten Grade wärmen, und hüllen ſich wohl auch noch im Pelze ein. Wer hingegen in der ſtrengſten Winterkälte auf Reiſen iſt, dem wird ein wenig oder gar nicht gewärmtes Zimmer, das kaum 6 oder 8 Gr. Wärme hat, ſchon ganz willkommen ſeyn, obgleich, wenn er mehrere Stunden darinn bleiben ſollte, ſein Urtheil ſich nach und nach ändern würde.

§. 553.

Man ſieht aus der im §. 508. gegebenen Tafel, daß das Blut beym 156ſten Fahrenheitſchen Grade gerinnet, und beym 25ſten frieret. Dieſes ſind alſo die äußerſten Grenzen für das Blut, und zwiſchen denſelben muß auch die natürliche Wärme aller Thiere, die Blut haben, enthalten ſeyn. Eben dieſe Tafel gibt auch die Wärme des Blutes einiger Thiere an. Sie iſt überhaupt bey den Vögeln größer als bey vierfüßigen Thieren. Hingegen bey den im Waſſer lebenden Thieren findet man ſie mehrentheils geringe, und ſelten um einige Grade größer als das Waſſer ſelbſt iſt. Kraft fand, daß in Waſſer, welches 49 Fahrenheitſche Grade von Wärme hatte, ein Hecht nur 50½ Gr. warm war. Für den 60ſten Grad Wärme des Waſſers, fand Martine, die Wärme eines Froſches und einer Schildkröte von 65 Gr., einer Forelle aber von 61. Dieſer geringe Unterſchied rührt fürnehmlich daher, daß die Erkältungs-Subtangenten im Waſſer 8 bis 10mal kürzer ſind als in der Luft, folglich im Waſſer 8 bis 10mal mehr Wärme abgeht als in der Luft abgehen würde. Und da die Erkältungs-Subtangente ſich gerade, wie der körperliche Raum, und umgekehrt, wie die Ober-

Digitized by Google

Oberfläche verhält, demnach bey kleinern Körpern kleiner iſt, ſo folgt auch, daß die Inſecten ſelbſt in der Luft nicht viel mehr Wärme haben können als die Luft hat. Martine fand, daß in einer Luft von 60 Fahrenheitſchen Graden Wärme, eine Schlange nur 62 Gr. hatte.

§. 554.

Die erſtbemeldte Aenderung der Erkältungs-Subtangenten im Waſſer, findet nun allerdings auch bey Menſchen ſtatt. Rolandſon Martin, beſtellte einige Handlanger zum Schwimmen. Ehe ſie ins Waſſer giengen, fand er nach dem ſchwediſchen Thermometer die Wärme ihrer Hand 33, Bruſt 34, Füße 27 bis 30 G. Nach dem Schwimmen war die Wärme der Hand 23, der Bruſt 24, der Füße 17 bis 20 Gr. Es wird nicht geſagt, wie lange ſie im Waſſer geweſen. Das Waſſer war 15 bis 16 Gr. und die Luft 21 Gr. warm. Nachdem ſie ſich wieder bekleidet hatten, wurden ſie wärmer als ſie vor dem Schwimmen waren. Freylich mußte durch das 8 bis 10mal ſchnellere Erkälten ein ſtarker Zufluß der innern Wärme gegen die Oberfläche entſtehen.

Zweytes Hauptſtück.

Schätzung der Wärme nach der Empfindung.

§. 555.

Wenn aus unſerm Leibe, oder auch aus den äußern Gliedern mehr Wärme abgeht als von inne erſetzt wird, ſo empfinden wir den Abgang und ſprechen von Kälte. Geht hingegen weniger Wärme weg, als von innen zufließt, ſo häuft ſich Wärme auf, und wir ſprechen von Wärme. Iſt endlich der Abgang dem Zufluſſe gleich, ſo empfinden wir weder Wärme noch Kälte und ſprechen vom temperirten. Wir empfinden alſo nicht, die Wärme und Kälte ſelbſt, ſondern nur das Zu- und Abnehmen derſelben, das will ſagen, ihre Veränderung. Und dieſes iſt ſo ſehr wahr, daß man ſelbſt beym ſtärkſten Froſte in Fiebern die Wärme des Leibes am Thermometer größer als bey geſundem Zuſtande findet. Martine fand nach Fahrenheitſchen Thermometer

die natürliche Wärme ſeines Leibes : :	97 — 98 Gr.
in der Hitze eines Fiebers : : : :	107 — 108 —
beym ſtärkſten Fieberfroſte : : : :	99 — 101 —

Hier war alſo das Zu- und Abnehmen der Wärme, welches die Empfindung von Hitze und Froſt verurſachte.

§. 556.

Bey der Berechnung, der hiebey sich äußernden Veränderungen, können wir die oben (§. 270.) gegebene Formel

$$dy = n\,d\tau - \frac{y\,d\tau}{7}$$

gebrauchen, wenn wir unter n den Zufluß der innern Wärme in der Zeit $\tau = 1$, durch y den Ueberschuß der Wärme des Leibes, der Hand oder eines andern Gliedes über die Wärme der Luft, des Wassers oder anderer Körper, so wir berühren, und durch 7 dessen Erkältungs-Subtangente verstehen. Verwandeln wir diese Formel in

$$\frac{dy}{d\tau} = (n\,7 - y) : 7$$

so drückt dieser Werth unser Urtheil von der Wärme und Kälte der Luft, des Wassers oder anderer Körper aus, die wir berühren. Kommen sie uns temperirt, das will sagen, weder warm noch kalt vor, so wird $dy = 0$, weil alsdann die Wärme weder vermehrt, noch vermindert wird. Finden wir sie aber warm, so ist $n > y$ und dy bejaht. Also häuft sich die Wärme auf. Hingegen nimmt sie ab, wenn $n < y$, und folglich dy verneint ist, und alsdann urtheilen wir, daß die Luft, das Wasser oder überhaupt der berührte Körper kalt sey.

§. 557.

Dieses Urtheil ist nun oft nur für den ersten Augenblick oder für eine sehr kurze Zeit gültig. Denn wenn die Körper, so wir berühren, klein sind, so nehmen sie bald die Wärme der Hand an, und so wird y in kurzem sehr klein oder auch vollends $= 0$. Ein Kleid, so wir im Winter, ohne es vorerst wärmen zu lassen, anziehen, ein nicht gewärmtes Bette, darein wir uns legen, kalte Instrumente, Werkzeuge, Geräthe ꝛc. so wir in die Hand nehmen, geben hievon täglich Beyspiele.

§. 558.

Wenn hingegen der Unterschied der Wärme des Leibes und der Luft oder des Wassers ꝛc. sehr groß ist, so gebraucht es längere Zeit, und alsdann kann auch n oder der Zufluß der innern Wärme verändert werden. Und in der That ist er auch des Winters, wenn wir lange in der Kälte sind, merklich größer. Eben dieses fand sich auch in dem Martinischen Versuche (§. 554.) bey den Arbeitern, nach dem Schwimmen. Man kann also überhaupt den Zufluß n nur für eine kurze Zeit als beständig ansehen. Es ist dieses aber, da unser Urtheil über die Wärme ebenfalls nicht lange einerley bleibt, schon genug, weil wir dasselbe immer nur so zu nehmen haben, wie es wirklich ist.

Digitized by Google

§. 559.

Bey den hiebey vorkommenden Berechnungen wird nun füglich der Grad der Wärme zum Grunde gelegt, den die Luft jedesmal haben müßte, um temperirt zu scheinen. Wir wollen denselben = a setzen: Die wirkliche Wärme der Luft sey = b, und die Wärme des Leibes, der Hand ꝛc. = y, die Erkältungs-Subtangente = 7, der innere Zufluß von Wärme, wie vorhin = n. Damit ist nun y — b der Ueberschuß der Wärme, und die Formel verwandelt sich in

$$\frac{d\,y}{d\,\tau} = (n\,7 + b - y) : 7$$

§. 560.

Diese Formel gibt nun d y = o, wenn b = a ist. Folglich haben wir sodann

$$o = 7\,n + a - y$$
$$n\,7 = y - a$$

Hiedurch wird demnach der Werth von n bestimmt, und die Formel wird schlechthin nur

$$\frac{d\,y}{d\,\tau} = (b - a) : 7$$

das will also sagen: Unser Urtheil von der Wärme der Luft richtet sich nach dem Unterschied der wirklichen Wärme derselben b, und der Wärme a, die sie haben müßte, um alsdann temperirt zu scheinen. Den Grad a achten wir als o, und zählen von da an aufwärts die Grade der Wärme, unterwärts die Grade der Kälte. Wenn der Grad a nicht veränderlich wäre, so würde des *Michelli du Crest* Thermometeradtheilung (§. 125.) gerade die seyn, die mit der Sprache unserer Empfindung der Wärme übereinkömmt. Er setzte o, da wo das Thermometer im Keller der Pariser Sternwarte fast unveränderlich ist, folglich bey dem Grade, den wir im Frühling und Herbst 7 das will sagen, in den zwo temperirten Jahrszeiten temperirt nennen. (§. 551.) Die Drebbelschen Thermometer wurden von Philosophen und Aerzten nach eben dem Grunde eingetheilt. (§. 26.) *Dalencé* gibt für die Florentinischen ebenfalls die temperirte Wärme für das o seiner Stuffenleiter an, (§. 94.) und selbst Newton geht davon nur in sofern ab, daß, weil er den temperirten Grad zu unbestimmt achtete, er lieber den Frierpunct für den Anfang seiner Stuffenleiter annimmt. (§. 105.) Wolfs Florentinisches Thermometer (§. 177. 178) zeigte o beym 11ten Reaumurschen Grad, und demnach so ziemlich bey temperirter Wärme. Auch Fahrenheits erste Abtheilung hatte o bey seinem nachmaligen 48sten Grade, (§. 112.) den wir etwa im Winter als temperirt ansehen. Man hatte freylich damals in Ansehung der Wärme und Kälte keine andere Sprache als die von unserer Empfindung, und diese gebrauchen wir, wenn vom Wetter die Rede ist, noch dermalen.

Digitized by Google

§. 561.

Wenn wir Waſſer oder andere Körper berühren, ſo wird die Subtangente τ mehrentheils kürzer, und zwar im Waſſer 8 bis 10mal. Man ſetze ſie überhaupt $= \theta$. Die Wärme des Leibes mag $= y$, die von temperirt ſcheinender Luft $= a$, und die von dem berührten Körper $= \beta$ ſeyn. Auch der Zufluß der Wärme n mag wenigſtens Anfangs einerley Werth behalten. Damit erhalten wir den Ueberſchuß der Wärme $y - \beta$, und die Formel ändert ſich in folgende

$$\frac{dy}{d\tau} = (n\theta + \beta - y) : \theta$$

Man ſetze α ſey die Wärme, ſo der Körper haben muß, damit er beym Berühren weder kalt, noch warm, ſondern temperirt zu ſeyn ſcheine, ſo wird, wenn man α ſtatt β ſetzt, $dy = 0$, und dieſes gibt

$$n\theta = y - \alpha.$$

§. 562.

Vorhin hatten wir für die Luft

$$n\tau = y - a.$$

Wenn wir demnach für n, y in beyden Fällen einerley Werth behalten, ſo haben wir

$$n(\tau - \theta) = \alpha - a,$$

woraus offenbar folgt, daß $\alpha > a$ ſeyn müſſe, ſo oft $\tau > \theta$ iſt. Es folgt ferner die Analogie

$$(y - a) : (y - \alpha) = \tau : \theta$$

und dieſe will ſagen, die Wärme des temperirt ſcheinenden Körpers müſſe von der Wärme des Leibes deſto weniger verſchieden ſeyn, je kürzer die Erkältungs-Subtangente iſt.

§. 563.

Es ſey z. E. nach dem Fahrenheitſchen Thermometer die Wärme der Hand im Sommer $= 96$ Gr. Die Wärme der alsdann temperirt ſcheinenden Luft $= 60$ Gr., ſo iſt, wenn wir $\tau : \theta = 9 : 1$ ſetzen:

$$(96 - 60) : (96 - \alpha) = 9 : 1;$$

folglich

$$\alpha = 92 \text{ Gr.}$$

Alſo muß das Waſſer 92 Gr. Wärme haben, wenn es beym Eintauchen der Hand in bemeldten Umſtänden temperirt ſcheinen ſoll. Da das Waſſer ſelten an ſich dieſe Wärme hat, ſo begreift man hieraus, warum es uns ſelbſt im Sommer als kalt vorkömmt.

§. 564.

Hat hingegen ſowohl die Luft als das Waſſer die Wärme des Leibes, ſo iſt $b = \beta = y$, und da wird in beyden Fällen

$$\frac{d\,y}{d\,\tau} = n.$$

Alsdann kömmt uns Luft und Wasser als gleich warm vor. Um bey dem ersteg gegebenen Beyspiele zu bleiben haben wir demnach

in der Luft zwischen dem 60sten und 96sten Gr.
im Wasser zwischen dem 92sten : 96sten —

nach unserer Empfindung gleich viele Stuffen der Wärme zu setzen.

§. 565.

Dieses klärt nun einige widersinnig und unerhört scheinende Erfahrungen auf. Vor einigen Jahren schrieb man Wunders, daß die Herren Banks, Solander und Phipps in des Herrn Bagden künstlich geheitztem Zimmer eine Hitze von 211 Fahrenheitschen Graden viele Minuten lang aushalten konnten. Howard hielt in der Höhle des Vesuvs eine Hitze vom 240sten Grad aus. *Du* HAMEL *du* MONCEAU erzählt von einem Mädchen, welches 15 Minuten lang in einem bis auf den 324sten Grad erhitzten Ofen geblieben. Dieses hätte nun freylich Boerhave als etwas schlechthin tödtliches mißrathen. Er ließ durch Fahrenheit in einer zuckertröcknen Kammer, die 146 Gr. Wärme hatte, einen Vogel, einen Hund und eine Katze bringen, die in kurzer Zeit todt waren.

§. 566.

Die Versuche in einer so warmen Luft sind nun freylich etwas selten, und wenn man sich nicht stuffenweise dazu gewöhnt, eben nicht zum Zeitvertreibe anzurathen. Indessen möchten die Arbeiter in den Glashütten einer wohl nicht geringern Hitze ausgesetzt seyn. Um aber zu sehen, ob die Sache so gar schwer zu begreifen ist, dürfen wir nur, statt der Luft, Wasser setzen, und sehen, wie warm dasselbe seyn muß, damit, wenn man die Hand darein taucht, es eben den Grad der Wärme zu haben scheine. Setzen wir demnach die erst angegebene Vergleichung (§. 564. fort, so finden sich nach dem Fahrenheitschen Thermometer folgende Grade für gleich warm scheinende

Luft.	Wasser.	Wärme.
60	92	0
96	96	1
126	100	2
162	104	3
198	108	4
234	112	5
270	116	6
306	120	7
342	124	8

Digitized by Google

Nun sagt Martine, er könne seine Hand in Wasser halten, das 108 Gr. Wärme hat. Und Amontons erzählt, sein Bedienter habe in Wasser, das so viel ich mit Martine aus der Vergleichung urtheilen kann, den 97ten Newtonschen (§. 105.) oder den 124sten Fahrenheitschen Grad Wärme hatte, die Hand lange Zeit halten können. Färbern, Köchen und andern, die viel mit kochendem Wasser umgehen, ist wohl noch ein größerer Grad erträglich. Wenn wir aber auch bey dem 124sten Grade bleiben, so kömmt derselbe mit dem 342sten Grad der Luft überein, und dieser ist größer als der, den des *du* HAMEL Mädchen in dem Ofen ausgehalten hat. Die erstgegebene Vergleichung zeigt demnach, daß Wasser von 124 Gr. Wärme, und Luft vom 324sten Grad auf uns einerley Eindruck machen, oder uns gleich warm zu seyn scheinen.

§. 567.

In Ansehung der Grade der Kälte können wir vorstehende Vergleichung rückwärts fortsetzen, und sie gibt uns folgende Grade für gleich kalt scheinende

Luft.	Wasser.	Grade.
60	92	0
24	88	— 1
— 12	84	— 2
— 48	80	— 3
— 84	76	— 4
— 120	72	— 5
— 156	68	— 6
— 192	64	— 7
— 228	60	— 8
&c.		

So strenge Kälte als der 120ste Grad unter Fahrenheits 0 ist, hat die Luft zuweilen in Siberien. Indessen kömmt der erste Eindruck, den sie auf uns macht, mit dem so 72 Gr. warmes Wasser in der größten Sommerhitze macht, überein. Rolandson Martin erzählt, daß, als seine Schwimmer (§. 554.) aus dem Wasser kamen, welches den 16ten Grad des schwedischen oder 61sten Fahrenheitschen Grad Wärme hatte, sie so zitterten, als hätten sie das Fieber, und daß die Nägel ganz blau waren. Den Siberiern, wenn sie eben so lang in einer — 219 Gr. kalten Luft bleiben, möchte es eben nicht besser zu Muthe seyn. Sie schützen sich aber auch durch Pelze und erwärmen sich wieder in Gemächern, die mehr als Bad- und Schwitzestuben gewärmt werden. Eine so gar strenge Kälte ist übrigens mehrentheils sehr trocken, und eben daher auch weniger angreifend, als eine an sich geringere, aber feuchte Kälte. Und dann wird wohl auch der Grad der Wärme, den man in Siberien temperirt nennt, ziemlich tief müssen heruntergesetzt werden. Vermuthlich sind daselbst auch die Erkältungs-Subjangenten in

gleichen Umſtänden länger, ſo, daß in gleichen Zeittheilchen weniger Wärme weggeht. In der Kälte ſind die Pori mehr geſchloſſen, die Ausdünſtung iſt geringer, und beydes trägt zur Verlängerung der Subtangenten bey. (§. 546.)

§. 568.

In Anſehung dieſer Subtangenten iſt nun noch ferner zu bemerken, daß es nicht die oben (§. 318.) erwähnten größten Subtangenten ſind, nach welchen nemlich der ganze Leib einförmig erkälten würde. Der erſte Eindruck der äußern Kälte betrift nur die Oberfläche des Leibes. Er wird aber auch ſogleich empfunden, und man hat nicht nöthig zu warten, bis die Kälte tiefer hineindringt, wiewohl dieſes, wenn man lange in der Kälte bleibt, nach und nach auch geſchieht. Alsdann wird aber auch der Zufluß der innern Wärme ſtärker, und die Empfindung der Kälte wird dadurch wieder um in etwas gemäßigt, und man wird nach und nach daran gewöhnt.

§. 569.

Wenn man aber von den geringern und oft ſehr ſchnell abwechſelnden Wirkungen der äußern Wärme und Kälte, dergleichen z. E. die Aenderung des Windes, das Thauwetter im Winter, ein kühler Regen im Sommer, das Aus- und Eingehen im Winter ꝛc. hervorbringt, abſtrahirt, und nur auf das allgemeinere und dauerhaftere in dieſen Empfindungen Rückſicht nimmt, ſo kommen auch die längern Subtangenten in Betrachtung. Denn bey einem ſo zuſammengeſetzten Körper, wie der menſchliche Leib iſt, geht die Erwärmung und Erkältung nicht nach einer, ſondern nach der Summe und Differenz von mehrern logarithmiſchen Linien von ſtatten, auch wenn der innere Zufluß oder die Erzeugung neuer Wärme beſtändig gleich bleibt.

§. 570.

Wenn nun im Winter mit einemmale eine ſtrenge Kälte einbricht, ſo iſt ſie am erſten Tage am meiſten empfindlich, den 2ten Tag wird ſie ſchon etwas weniger merklich, und nach 3, 4 oder 5 Tagen findet man ſich ſchon ziemlich daran gewöhnt, wenn auch ſchon die Kälte nicht nachläßt. Fällt darauf hin Thauwetter ein, ſo ſcheint es ſehr gelinde, oder auch wohl gar temperirt zu ſeyn, wenn gleich das Thermometer in freyer Luft noch nicht über den Frierpunct hinauf will. Inzwiſchen gewöhnt man ſich an das Thauwetter auch bald, und wenn dann eine an ſich geringere, aber feuchte Kälte einfällt, ſo wird ſie mehrentheils ſtärker empfunden, als eine viel ſtrengere trockene Kälte.

Digitized by Google

§. 571.

Am beſten iſt man im Hornung, im Ganzen betrachtet, an die Kälte gewöhnt, weil die ſtrengſte Kälte mehrentheils im Jenner einbricht. Gibt es dann im Anfang des Merzen, wie es faſt alle Jahre geſchieht, einige ſchöne Tage, ſo ſcheint es, als wenn es ganz Frühling werden wollte, wenn gleich das Thermometer in freyer Luft noch nicht viel über den Frierpunct hinaufſteigt, und es noch alle Nächte friert.

§. 572.

Im October hingegen iſt es umgekehrt. Die erſte Kälte iſt gewöhnlich ſehr empfindlich, zumal wenn ſie feucht iſt. Man thut aber auch gut, wenn man dieſelbe nicht ſcheuet, ſondern ſich eher daran gewöhnt. Sie dauert übrigens ſelten ſo lange, und ſo muß man ſich im November und December noch ferner daran gewöhnen, wenn man die nachfolgende größere Grade leichter ertragen will.

Der

Der Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme

Achter Theil.

Von der Sonnenwärme.

Erstes Hauptstück.

Einleitung.

§. 573.

Wir haben die Erde als eine Kugel anzusehen, welche dem Lichte und der da herrührenden Wärme der Sonne beständig ausgesetzt ist, weil nur selten der Mond etwas von ihrem Lichte der Erde entzieht. Da nun aber die Sonne immer nur etwa die Hälfte dieser Kugel bescheinet, und diese Hälfte sich wegen der Umwälzung und dem jährlichen Umlaufe der Erde beständig ändert, so entstehen daher auch tägliche und jährliche Abwechslungen, welche die vornehmste Quelle des Unterschiedes der Jahrszeiten sind.

§. 574.

In Absicht auf die Erde, im Ganzen betrachtet, würde es nun gleich viel seyn, welcher Hälfte ihrer Oberfläche der Sonne ausgesetzt ist. Sie würde immer eben die Menge von Wärme erhalten. Nur würde in der Art, wie diese Wärme sich in die Erde hineinzieht, ein eben nicht geringer Unterschied seyn. Die Erde ist ein sehr großer Körper, wenigstens in Vergleichung mit kleinen Thermometerkugeln, bey denen man mit einer Erkältungs-Subtangente ausreicht. So kurz geht aber die Rechnung, in Ansehung der Erde, nicht von statten. Es werden mehrere Subtangenten erfordert. Und dann wird es ein Glück seyn, wenn dieselben so sehr von einander verschieden sind, daß der Erfolg einer jeden für sich betrachtet werden kann.

Digitized by Google

§. 575.

Unter dieſen Subtangenten iſt nun die gröſte diejenige, welche die Erde im Ganzen betrift. Man ſeze, die Erde wäre Anfangs abſolut kalt geweſen, ſo würde ſie alle Wärme, die ſie nun hat, nach und nach von der Sonne erhalten haben, und dazu würde freylich eine geraume Zeit erfordert worden ſeyn. Denn man ſetze, die Wärme bewege ſich in der Erde ſo ſchnell als im Waſſer, ſo legt ſie in einer Minute doch nur einen Weg von 8 Zollen zurück. (§. 399.) Nun ſind von der Oberfläche der Erde bis zum Mittelpunct etwa 20 Millionen Fuß zu durchlaufen, und ſo wird es ½ Million Stunden oder 57 Jahre gebrauchen, bis dieſer Weg zurückgelegt wird. Man ſieht daraus, daß, wenn von der allmähligen Erwärmung der ganzen Erde die Rede iſt, die Zeit nicht nach Augenblicken, ſondern nach Jahrhunderten genommen werden muß.

§. 576.

Bey dieſer allmähligen Erwärmung geht nun von der erlangten Wärme auch immer wieder ein Theil aufwärts weg. Die Erde iſt eine Kugel, die im freyen und ſo ziemlich abſolut kalten Himmelsraume erkältet. In dieſer Abſicht iſt ihr Diameter das Maaß ihrer Erkältungs-Subtangente, und wenn wir dieſe nach Maaße eines Thermometers von Weingeiſt oder auch von Waſſer ſchäzen, ſo muß auf jede Linie eine Minute Zeit gerechnet werden. (§. 261.) Dieſes gibt für 40 Millionen Fuß eine Zeit von 4 Millionen Tagen oder 11000 Jahren. Nach Verfluß dieſer Zeit würde die Erde nur erſt $\frac{1}{166}$ derjenigen Wärme erhalten haben, die ſie in allem zu erhalten hat.

§. 577.

Dieſe Wärme würde zwar der Menge nach, ſehr groß, hingegen der Stärke nach, ſehr geringe ſeyn. Ich muß aber anmerken, daß hier von der mittlern Wärme der ganzen Erde die Rede iſt. Denn wegen der langſamen Fortpflanzung der Wärme, würde ſich nothwendig die Wärme an der Oberfläche merklich aufhäufen, und erſt nach vielen tauſend Jahren der gleichförmigen Vertheilung näher kommen. Die mittlere Wärme würde dabey nicht gröſſer ſeyn als der Ueberſchuß der Wärme, den ein kleines Kügelchen von Erde an der Sonne erhält. Denn die Größe der Kugel ändert hieran nichts. (§. 272. 273.) Dieſer Ueberſchuß beträgt aber kaum 15 bis 20 Reaumurſche Grade. Die mittlere Wärme der Erde, im Ganzen betrachtet, würde alſo von der abſoluten Kälte des Himmelsraumes wenig verſchieden ſeyn,

§. 578.

So iſt nun aber die Sache nicht beſchaffen. Wir wiſſen zwar nicht, wie warm oder wie kalt es beym Mittelpunct der Erde iſt. Wir wiſſen aber, daß es in viel geringern Tiefen Feuer gibt, das eben nicht in geringer Menge iſt, und

dazu geschaffen zu seyn scheint, der Erde eine Wärme zu geben, die sie von der Sonne allein nicht erhalten könnte. Dieses Feuer ist nun allerdings in ungleichen Tiefen und ungleich vertheilt. Bey den feuerspeyenden Bergen reichet es bis an die Oberfläche, und trägt mit dazu bey, daß z. E. in Island die Winterkälte sehr gemäßigt ist. Wo die Hitze desselben sich unter der Erde frey ausbreitet, nimmt sie in umgekehrter Verhältniß des Quadrates der Entfernung ab. (§. 346.) Zieht sie sich aber durch unterirdische Gänge und Grüfte, oder theilt sie sich einem vorbeyfließenden unterirdischen Wasser mit, so nimmt sie mit der Entfernung logarithmisch ab. (§. 327.) Man kann sich leicht auch Fälle gedenken, wo beyde Verminderungen zugleich statt finden. Gewöhnlich aber muß man sie sich als noch viel mehr zusammengesetzt vorstellen. Denn die unterirdschen Gänge sind eben nicht so ganz cylindrisch oder von durchgängig gleicher Weite, wie die Röhre im 541. §., und die ungleiche Dichtigkeit und Cohäsionskräfte der unterirdschen Körper ist mehr als zureichend, sehr viele Ungleichheiten in der Ausbreitung, der vom unterirdschen Feuer herrührenden Wärme zu verursachen.

§. 579.

Zu den Wirkungen dieses unterirdschen Feuers kommen nun wohl auch noch geringere Grade von Wärme, und zuweilen auch von Kälte, die bloß aus Mischungen ungleichartiger Materien herrühren, und welche wohl auch der Anfang zu einem wirklich nachher entstehenden Feuer seyn können. Solche Mischungen und die Feuer selbst mögen nun etwa das seyn, was schon mehrere Weltweise, als die Grundwärme der Erde, angesehen haben. Wenigstens geben sie den Stoff dazu, und so auch zu deren fernern Unterhaltung. Aus der ungleichen Tiefe und Vertheilung wird auch begreiflich gemacht, daß nicht alle Theile der Erdfläche davon gleich erwärmt werden, und daß eben daher Länder, die der Sonne gleich ausgesetzt sind, sehr ungleich warm oder kalt seyn können. Und da es sehr vermuthlich ist, daß die unterirdsche Hitze wenigstens dadurch ihren Ort ändert, daß sie an einem Orte am Stoffe Abgang leidet, während dem an andern Orten Mischungen und neues Feuer entstehn, so kann es auch seyn, daß Länder, die ehemals kälter waren, nachgehends wärmer werden, und hinwiederum Länder, die mehr Wärme haben, künftig daran Mangel leiden. Es giebt mehrere Veränderungen in der Erde, wozu viele Jahrhunderte Zeit gehören.

§. 580.

Die Wirkungen dieser Grundwärme sind also für jedes Land zwar mehr oder weniger verschieden, daben aber mehrentheils Jahrhunderte durch ziemlich gleich, und, im Ganzen betrachtet, scheinen sie nicht sehr groß zu seyn. Die täglichen und jährlichen Veränderungen sind demnach eigentlich der Sonne zuzuschreiben. Sollten indessen die Erdbeben von neuentstehenden unterirdschen Entzündungen entstehen, so ist es vermuthlich, daß dadurch, so zu sagen, eine neue

Quelle von Wärme eröffnet wird, die sich übrigens nicht immer weit herum erstrecket, (§. 578.) und auch nicht immer von sehr langer Dauer ist, und daher auch gewöhnlich nur zu den etwas seltenern Ursachen der Witterung zu zählen ist.

§. 581.

Die ziemlich beständige und wenigstens sehr lange Zeit gleiche Wirkung der Grundwärme, nebst der immer fortdauernden Einwirkung der Sonnenstralen, nebst vielen andern Betrachtungen macht, daß wir uns hiebey einen Beharrungsstand gedenken können, in welchen die Erde schon längst gesetzt ist, und der sich zwischen ziemlich bestimmten Schranken hält. Das Grundgesetz dieses Beharrungsstandes ist, daß die Wärme, welche die ganze Erde in Verlauf eines Jahres von der Sonne erhält, auch in Zeit von einem Jahre wieder wegzieht, so daß die ganze Summe der Wärme, wenigstens ein Jahr ins andere gerechnet, und ohne Rücksicht auf die kleinern sich nur hin und wieder äußernden Ungleichheiten, immer eben dieselbe bleibt.

§. 582.

Die Sonne scheint an sich eine sich selbst ziemlich gleich bleibende Quelle von immer neuem Licht und Wärme zu seyn. Ob sie wirkliche Licht- und Feuertheilchen ausströme, oder nur der durch den Weltraum verbreitet seyn sollenden Lichtmaterie immer neue wellenförmige Bewegungen mittheile, das mag hier dahin gestellt bleiben. Ich merke nur gelegentlich an, daß diejenigen, welche für den ersten Fall besorgen, die Sonne möchte an Stoff zu arm werden, für den andern Fall eben so besorgt seyn können, es möchte der Sonne nach und nach an Kraft fehlen, die immer neue Bewegung hervorzubringen. Durch solche Besorgnisse wird die Schwierigkeit nicht gehoben, sie erhält nur eine andere Gestalt. Diejenigen, die von der Sonne und der Erhaltung ihres Lichtes eben so reden, wie wir von dem irdschen Feuer und dessen Erhaltung reden müssen, bedenken nicht genug, daß die Materie der Sonne, wegen der unermeßlichen Dichtigkeit ihres Lichtes, eine Materie seyn muß, die mit den irdschen Materien wenig oder nichts gemein hat, (§. 374.) und daher schon aus diesem Grunde mit denselben nicht verglichen werden kann. Das Sonnenlicht ist aus farbigten Stralen zusammengesetzt. Es ist die Frage, ob nicht diese farbigten Stralen auf der Oberfläche der Sonne, eine jede Art für sich, von besondern Körpern herkömmen, so daß die Körper auf der Sonne sich auch durch ihre Farbe unterscheiden lassen. Die Sonnenflecken würden sich aus der Veränderung der Farbe der Körper immer so gut als aus andern Gründen erklären lassen. Es gibt Fixsterne, die ein röthliches Licht haben. Auf deren Oberfläche muß also wohl die rothe Farbe die herrschende seyn.

§. 583.

Die Sonnenflecken haben ein schwächeres Licht, und können in sofern die Erwärmung der Erde vermindern. Da sie aber mehrentheils in Vergleichung mit

der Sonnenscheibe sehr klein sind, so hat der Erfolg wenig auf sich. Eben so wenig mag auch das von der Sonnenatmosphäre aufgefangene Licht austragen. Die Wolken, womit der Himmel viel und oft bedeckt ist, sind in Ansehung des Lichtes und der Wärme der Sonne ein ganz anderes Hinderniß. Regen, Hagel und Schnee benehmen der Oberfläche der Erde so viel Wärme als der gänzliche Mangel des Sonnenlichtes während mehrern Tagen kaum thun würde. Man sieht also, daß wenn von der täglichen Erwärmung der Erde an bestimmten Orten die Rede ist, die Rechnung für einen hellen Tag ganz anders ausfällt als wenn das Wetter trübe ist, oder vollends Regen oder Schnee die Erde erkältet. Man sieht ebenfalls, daß, wenn die jäheliche Erwärmung und Erkältung der verschiedenen Theile der Erdfläche zu betrachten ist, diese erkältende Ursachen die Erkältungs-Subtrangente sehr verkürzen, und daß es eine auf Bedingungen einzuschränkende Sache ist, wenn man die Wärme, so die Erde in jeder Jahrszeit von der Sonne erhält, derjenigen proportional setzt, die sie ohne solche Hindernisse erhalten könnte. Ich habe übrigens schon oben (§. 287.) angemerkt, daß eben nicht alle Sonnenwärme wegen der Luft und der Wolken verloren geht. Das Sonnenlicht ändert nur den Weg, und kömmt immer mehr oder weniger bis zur Erdfläche. Dieser Weg kann sich zuweilen so ändern, daß an einigen Orten mehr Stralen zusammentreffen, und daher mehr Wärme entsteht als bey hellem Himmel von der Sonne gerade entstehen würde.

Zweytes Hauptstück.

Menge der Sonnenwärme.

§. 584.

Die Menge der Sonnenwärme hängt überhaupt von der Dichtigkeit ihrer Stralen, von der Zeit oder Dauer und von der Größe der Oberfläche ab, auf welche sie fallen, und ist in Verhältniß des Products dieser drey Bestimmungsstücken.

§. 585.

Die Dichtigkeit der Sonnenstralen ändert sich in umgekehrter Verhältniß des Quadrats ihres Abstandes. In dieser Absicht werde ich den mittlern Abstand der Erde von der Sonne = 1, und die Dichtigkeit, so alsdann statt findet, ebenfalls = 1 setzen. Diese wird demnach für jeden andern Abstand z durch $\frac{1}{zz}$ ausgedrückt werden können.

Digitized by Google

§. 586.

Die Zeit wird am füglichsten durch 2π, als den Umkreis eines Circuls vorgestellt, dessen Halbmesser $= 1$ ist, und zwar mit dem Unterschiede, daß, wenn von dem täglichen Umlaufe der Sonne die Rede ist, alsdann 2π so viel als 24 Stunden beträgt, und hingegen ein ganzes Jahr bedeutet, wenn von dem jährlichen Umlaufe die Rede ist.

§. 587.

Die Fläche, worauf die Sonnenstralen fallen, werde ich überhaupt nur durch 1 ausdrücken, weil sie nur in Vergleichung mit andern Flächen in Betrachtung kömmt, und übrigens in der Rechnung nichts ändert. Man kann also dadurch einen Quadratfuß, eine Quadratmeile, das Quadrat des Halbmessers der Erde ꝛc. verstehen. Genug, daß man, wenn mehrere Flächen mit einander zu vergleichen sind, bey allen einerley Einheit gebraucht. Dadurch übrigens, daß ich die Fläche durch 1 andeute, entsteht der Vortheil, daß der Ausdruck für die Menge immer auch ihren Grad der Stärke vorstellt.

§. 588.

Die Menge der Wärme, so die Erde, oder überhaupt ein Planet von der Sonne erhält, nimmt in gleicher Verhältniß mit der wahren Anomalie zu. Es sey S die Sonne, A die Sonnenferne, P die Sonnennähe des Planeten, T ein beliebiger Punct seiner Bahn, $TSA = \varphi$ die wahre Anomalie. Die Dichtigkeit der Stralen in T ist demnach $= 1 : ST^2$. Und die Zeit, in welcher der Planet das Element der Bahn T t durchläuft, ist in Verhältniß des Raumes T S t, folglich in Verhältniß von $\frac{1}{2} ST^2 . d\varphi$. Demnach wird die Menge der Stralen oder der Wärme in Verhältniß des Productes

31. Figur.

$$\frac{1}{ST^2} \cdot \frac{1}{2} ST^2 . d\varphi,$$

das will sagen, schlechthin nur in Verhältniß von $d\varphi$ seyn. Wird demnach die Zeit von der Sonnenferne A angerechnet, so ist die Menge der Wärme, so der Planet in der Zeit von A bis T erhält, dem Winkel $ASI = \varphi$, das will sagen, der wahren Anomalie proportional.

§. 589.

Man sieht hieraus, daß, wenn von der jährlichen Erwärmung der Erde die Rede ist, man statt der Zeit füglicher die wahre Anomalie, oder auch die wahre Länge der Sonne gebraucht. Die von dem ungleichen Abstande der Sonne herrührende Ungleichheit wird dadurch ganz gehoben und die Rechnung merklich kürzer. Es ist übrigens diese Ungleichheit in Ansehung der Erde viel zu gering, als daß sie, wenn man auf die vorhin §. 583., erwähnte Hindernisse Rücksicht

Digitized by Google

nimmt, in Betrachtung kommen sollte. Bey den Cometen möchte sie mehr auf sich haben. Denn die Zeit, in welcher sie die der Sonne zunächst liegenden 180 Grade ihrer Anomalie durchlaufen, ist oft nur von wenigen Tagen oder Wochen. Und in dieser kurzen Zeit erhalten sie eben so viel Licht und Wärme als sie in der übrigen Umlaufszeit erhalten, die mehrentheils von mehrern Jahrhunderten ist. Unter den Planeten hat Mercur die gröſte Excentricität. Er erhält auch in den $32\frac{1}{4}$ Tagen, da er zunächst um die Sonne ist, von derselben eben so viel Licht und Wärme als in den übrigen $55\frac{1}{4}$ Tagen seiner Umlaufszeit.

§. 590.

Die Wärme, welche die Sonne einem beliebigen Orte der Erdfläche mittheilt, richtet sich in jedem Augenblicke nach dem Sinus der Sonnenhöhe als des Einfallswinkels. Ich drücke demnach die Dichtigkeit der senkrecht auffallenden Sonnenstralen eben so, wie den Sinus von 90° durch 1 aus; und sofern von der täglichen Erwärmung die Rede ist, werde ich die Zeit durch die Stundenbogen, den Halbmesser = 1 gesetzt, ausdrücken.

§. 591.

Es sey demnach

ω = der Stundenbogen vom Mittage angerechnet.
e = die Höhe des Aequators.
p = die Polhöhe nördlich.
δ = die Abweichung der Sonne nördlich.
c = ihr Complement oder der Sonnenabstand vom Pol.
a = der Sonnenabstand vom Scheitelpunct,

so giebt die Sphärische Astronomie die Gleichung

$$\cos a = \cos e. \cos c. + \sin e. \sin c. \cos\omega.$$

Da nun dieser cos a eben der Sinus der Sonnenhöhe ist, so darf er nur mit dem Element der Zeit $d\omega$ multiplicirt werden, und man wird, wenn z die Menge der Wärme für einen Flächenraum = 1, und die Zeit ω andeutet, die Gleichung

$$dz = \cos a. d\omega = \cos e. \cos c. d\omega + \sin e. \sin c. \cos\omega. d\omega$$

haben, woraus

$$z = \cos e. \cos c. \omega + \sin e. \sin c. \sin\omega$$

erhalten wird.

§. 592.

In dieser Formel wird die Zeit ω vom Mittage angerechnet. Sie dauert bis zum Untergang der Sonne, wo sie, wenn φ die Ascensionaldifferenz vorstellt, $= \frac{1}{2}\pi + \varphi$ wird. Dieser Werth in der Gleichung gesetzt, giebt die Menge der Wärme für den ganzen Nachmittag.

$$\tfrac{1}{2}Z = \cos e. \cos c. (\tfrac{1}{2}\pi + \varphi) + \sin e. \sin c. \cos\varphi.$$

Digitized by Google

Und für den ganzen Tag, nemlich von Aufgang bis Untergang der Sonne

$$Z = \text{cose. cosc. } (\pi + 2\varphi) + 2 \text{ se. sc. cos}\varphi$$

oder

$$Z = \text{s p. s } \delta\ (\pi + 2\varphi) = 2 \text{ cosp. cos}\delta. \text{ cos}\varphi.$$

§. 593.

Es ist nun aber

$$\text{s}\varphi = \text{t}\delta. \text{ tp},$$

folglich

$$\text{s}\delta. \text{ sp.} = \text{s}\varphi. \text{ cos}\delta. \text{ cosp.}$$

Wird dieser Werth in der letzten Gleichung gesetzt, so verwandelt sie sich in

$$Z = \text{cos}\delta. \text{ cosp. } [\text{sin } \varphi\ (\pi + 2\varphi) + 2 \text{ cos}\varphi]$$

Und dieses will sagen, daß bey gleicher Tages-Länge die Menge der Sonnenwärme in Verhältniß von *cos δ. cos φ.* ist. Es ist aber cos δ. cosp. der Unterschied der Sinus der Sonnenhöhen um Mittag und um 6 Uhr.

§. 594.

Für den Aequator ist $p = o$, $\varphi = o$. Damit wird schlechthin

$$Z = 2. \text{ cos}\delta.$$

Für den Pol hingegen ist $p = 90°$, und für den Tagbogen wird $2\varphi = \pi$, folglich schlechthin

$$Z = 2\pi. \text{ sin } \delta.$$

Ueberhaupt auch, wenn die Sonne im Aequator ist, hat man $\delta = o$, $\varphi = o$, und demnach ebenfalls sehr kurz

$$Z = 2 \text{ cosp.} = 2 \text{ sin e.}$$

Dieses sind die einfachsten Fälle, welche die Formel unter sich begreift.

§. 595.

Halley hat längst schon folgende Tafel berechnet, welche aus der Gleichung (§. 592.) hergeleitet werden kann. Sie gibt den Werth von Z für die Tage an, wo die Sonne im Aequator und in beyden Wendekreisen ist, und für die Polhöhen von 10 zu 10 Graden.

Polhöhe.

Polhöhe.	Sonne in ☊ ♑	Sonne in ♈ ♎	Sonne in ♋ ♑
0	1, 8341	2,0000	1, 8341
10	1, 5834	1, 9696	2, 0290
20	1, 3166	1, 8794	2, 1737
30	1, 0124	1, 7321	2, 2651
40	0, 6944	1, 5321	2, 3048
50	0, 3798	1, 2855	2, 2991
60	0, 1075	1, 0000	2, 2773
70		0, 6840	2, 3543
80		0, 3473	2, 4673
90		0, 0000	2, 5050

Halley erreichte mittelst dieser Tafel seine Absicht in sofern, daß er dadurch zeigen konnte, daß der Erdpol an einem 24 Stunden langen Sommertage mehr Wärme erhalte, als die unter dem Aequator gelegenen Oerter in einem nur 12 Stunden lang dauernden Tage. Dieses ergibt sich aus der letzten Columne ohne Mühe. Man sieht daraus, daß die Menge der Wärme am Tage der Sommersonnenwende vom Aequator bis zum Clima von Italien zunimmt, im Clima von Deutschland etwas geringer wird, von da an aber bis zum Pol sich wieder vergrößert, und wirklich unter dem Pol am größten ist. Die nachgehends mit übereinstimmenden Thermometern angestellten Wetterbeobachtung zeigten auch immer mehr, daß in der That in den Nordländern die Sommerwärme auch in den nördlichen Ländern oft eben so groß, wiewohl von geringerer Dauer als in den näher beym Aequator gelegenen Ländern ist. Und so schien Halleys Tafel der wirklichen Erfahrung wenigstens nicht zuwider. Sie diente im Gegentheil, daß man die Erfahrung als weniger widersinnig ansahe.

§. 596.

Als ich 1754. die hieher gehörigen Rechnungen vornahm, ließ ich es bey dem, was Halley für die Tage der Nachtgleichen und Sommerwenden gethan, nicht so schlechthin bewenden, sondern nahm auch die zwischenfallenden Jahrszeiten vor, wobey ich mich jedoch auf einige der merkwürdigsten Polhöhen einschränkte, und nur die halbe Tagwärme berechnete. Den Erfolg enthält nachstehende Tafel:

Ort der Sonne.	Unter dem Pol.	Unter dem Polarcircul	Polhöhe von 49 Gr.	Unter dem Wendekr.	Unter dem Aequator.	Ort der Sonne.
♑ 5		0, 001	0, 207		0, 918	25
15		0, 002	0, 220	0, 620	0, 923	15
25		0, 012	0, 244		0, 932	♐ 5
♒ 5		0, 032	0, 280		0, 945	25
15		0, 065	0, 327	0, 711	0, 950	15
25		0, 115	0, 388		0, 973	♏ 5
♓ 5		0, 179	0, 465		0, 986	25
15		0, 259	0, 545	0, 849	0, 995	15
25		0, 340	0, 625		0, 999	♎ 5
♈ 5	0, 109	0, 452	0, 695		0, 999	25
15	0, 324	0, 562	0, 774	0, 978	0, 995	15
25	0, 529	0, 671	0, 854		0, 986	♍ 5
♉ 5	0, 719	0, 779	0, 933		0, 973	25
15	0, 885	0, 888	1, 004	1, 063	0, 959	15
25	1, 026	0, 982	1, 060		0, 945	♌ 5
♊ 5	1, 136	1, 065	1, 102		0, 932	25
15	1, 210	1, 117	1, 131	1, 101	0, 923	15
25	1, 248	1, 149	1, 144		0, 918	♋ 5

Die Polhöhe von 49 Gr. wählte ich, weil der längste Tag daselbst von etwa 16 Stunden ist, und dieser Parallelkreis so ziemlich mitten durch den bekanntern, und in Ansehung der Wärme gemäßigtern Theil von Europa geht.

§. 597.

Diese Tafel gibt nun näher an, wie die halbtägliche Erwärmung sich das Jahr durch unter den angesetzten Polhöhen ändert. Die drey mittlern Columnen können auch so ziemlich dienen, sich von den zwischenfallenden Polhöhen einigen Begriff zu machen. Sie diente mir ferner zu verschiedenen beyläuftigen Ueberschlägen, und besonders auch zur Vergleichung der jährlichen Erwärmung. Ich sahe nemlich die Zahlen der Tafel, als das Mittel zwischen den vorhergehenden und folgenden Tagen an, und berechnete daraus die Summe für 365 Tage. Diese fand ich für

den Pol = 287.
Polarcircul = 350.
49° Polhöhe = 487.
Wendekreis = 646.
Aequator = 700.

Digitized by Google

Man ſieht hieraus, daß die ganze Summe der jährlichen Sonnenwärme unter dem Polarcirkel etwa die Hälfte von der unter dem Aequator; unter dem Pol aber noch geringer und kaum $\frac{1}{3}$ iſt.

§. 598.

Da bey der Berechnung der Formel (§. 592.) der Tgbogen die meiſte Weitläuftigkeit verurſachet, ſo war dieſes ein Grund mit, warum ich die andere (§. 593.) daraus herleitete, weil darinn der Ausdruck

$$\sin\varphi.(\pi + 2\varphi) + 2\cos\varphi$$

oder auch die Hälfte davon ſchlechthin nur von der Aſcenſionaldifferenz φ oder dem halben Tagbogen $(\frac{1}{2}\pi + \varphi)$ abhängt, und folglich ohne Rückſicht auf die Polhöhe für einerley Tagslänge einerley Werth gibt, und dieſer ſodann nur durch $\cos\delta.\cos\varphi$ multiplicirt werden darf, um die tägliche oder halbtägige Erwärmung zu erhalten. Ich berechnete demnach für den Ausdruck

$$q = \sin\varphi.(\tfrac{1}{2}\pi + \varphi) + 2\cos\varphi$$

folgende Tafel, welche die Werthe von $\frac{1}{2}q$ enthält.

$-\varphi$	q	$-\varphi$	q	φ	q	φ	q
90	0,0000	45	0,1517	0	1,0000	45	2,3731
89	0,0001	44	0,1616	1	1,0275	46	2,4022
88	0,0001	43	0,1719	2	1,0554	47	2,4309
87	0,0001	42	0,1825	3	1,0835	48	2,4593
86	0,0002	41	0,1936	4	1,1120	49	2,4871
85	0,0002	40	0,2051	5	1,1407	50	2,5146
84	0,0003	39	0,2170	6	1,1695	51	2,5418
83	0,0006	38	0,2292	7	1,1987	52	2,5687
82	0,0009	37	0,2419	8	1,2282	53	2,5951
81	0,0012	36	0,2550	9	1,2579	54	2,6211
80	0,0017	35	0,2686	10	1,2878	55	2,6466
79	0,0023	34	0,2825	11	1,3180	56	2,6717
78	0,0030	33	0,2968	12	1,3483	57	2,7064
77	0,0039	32	0,3115	13	1,3788	58	2,7205
76	0,0049	31	0,3268	14	1,4094	59	2,7441
75	0,0060	30	0,3424	15	1,4403	60	2,7673
74	0,0072	29	0,3584	16	1,4714	61	2,7899
73	0,0086	28	0,3749	17	1,5025	62	2,8119
72	0,0102	27	0,3918	18	1,5337	63	2,8333
71	0,0121	26	0,4091	19	1,5649	64	2,8542
70	0,0140	25	0,4269	20	1,5964	65	2,8746

$-\varphi$	q	$-\varphi$	q	φ	q	φ	q
69	0, 0162	24	0, 4450	21	1, 6279	66	2, 8940
68	0, 0186	23	0, 4636	22	1, 6595	67	2, 9130
67	0, 0212	22	0, 4826	23	1, 6911	68	2, 9314
66	0, 0240	21	0, 5020	24	1, 7228	69	2. 9491
65	0, 0273	20	0, 5219	25	1, 7549	70	2, 9662
64	0, 0305	19	0, 5421	26	1, 7863	71	2, 9824
63	0, 0341	18	0, 5628	27	1, 8180	72	2, 9980
62	0, 0380	17	0, 5840	28	1, 8490	73	3, 0129
61	0, 0420	16	0, 6054	29	1, 8818	74	3, 0271
60	0, 0465	15	0, 6272	30	1, 9135	75	3, 0405
59	0, 0512	14	0, 6494	31	1, 9450	76	3, 0532
58	0, 0563	13	0, 6721	32	1, 9766	77	3, 0650
57	0, 0616	12	0, 6951	33	2, 0077	78	3, 0759
56	0, 0672	11	0, 7185	34	2, 0389	79	3, 0861
55	0, 0732	10	0, 7423	35	2, 0700	80	3, 0956
54	0, 0795	9	0, 7665	36	2, 1016	81	3, 1040
53	0, 0861	8	0, 7910	37	2, 1326	82	3, 1119
52	0, 0931	7	0, 8159	38	2, 1634	83	3, 1188
51	0, 1004	6	0, 8412	39	2, 1941	84	3, 1246
50	0, 1080	5	0, 8669	40	2, 2245	85	3, 1298
49	0, 1159	4	0, 8929	41	2, 2546	86	3, 1342
48	0, 1243	3	0, 9191	42	2, 2846	87	3, 1373
47	0, 1331	2	0, 9458	43	2, 3144	88	3, 1397
46	0, 1423	1	0, 9727	44	2, 3439	89	3, 1412
45	0, 1517	0	1, 0000	45	2, 3731	90	3, 1416

Bestimmt man nun erst

$$s\varphi = t\,\delta . t\,p,$$

so gibt diese Tafel

$$Z = 2\,\cos\delta . \cos p . q.$$

Der Gebrauch dieser Tafel erstreckt sich auf diese Art vom Aequator bis zum Polarcircul, und überhaupt bis so weit der Tag anfängt im Winter $= 0$; im Sommer größer als 24 Stunden zu werden. In diesem letzten Fall wird die Rechnung nur für 24 Stunden gemacht, und demnach $q = 3, 1416$ genommen. Im ersten Fall bleibt die Rechnung ganz weg, weil $q = 0$ ist, so lange die Sonne nicht aufgeht.

Digitized by Google

§. 599.

Dieſe Tafel dient alſo, für jeden beliebigen Tag und Polhöhe die tägliche Sonnenwärme zu berechnen. Wenn man aber die Summe für eine beliebige Anzahl Tage mit einemmale finden will, ſo muß die Rechnung allgemein vorgenommen werden. Zu dieſem Ende wird die Zeit des jährlichen Umlaufs der Sonne durch deren Länge von ☉ ♈ vorgeſtellt, die wir $= x$ ſetzen wollen, und ſo wird $\int Z\, dx$ die verlangte Summe der Sonnenwärme $= v$ ſeyn. Nun iſt (§. 592.)

$$Z = \text{ſp.}\,1\delta\,(\pi + 2\varphi) + 2\,\text{coſp.}\cos\delta.\cos\varphi.$$

Demnach

$$dv = \text{ſp.}\int\delta.\,\pi\,dx + 2\,\text{ſp.}\int\delta.\,\varphi\,dx + 2\,\text{coſp.}\cos\delta\cos\varphi.\,d.\,x.$$

Es iſt nun aber, wenn λ die Schiefe der Ecliptic vorſtellt,

$$\int\delta = \int\lambda.\int x$$

$$\text{ſ}\varphi = \text{t p.}\,t\delta = \frac{\text{t p.}\int\lambda.\int x}{\sqrt{(1 - \int\lambda^2.\int x^2)}}$$

Und hieraus findet ſich

$$dv = \pi.\,\text{ſp.}\int\lambda.\int x.\,dx$$
$$+ 2\,\text{coſp.}\,dx\left\{\begin{array}{l} 1 + \frac{1}{2}\int\lambda^2.\int x^2\,(-1 + \text{t p}^2) \\ \quad + \frac{1.1}{2.4}.\int\lambda^4.\int x^4\,(-1 + \frac{3}{2}\text{t p}^2 + \frac{1}{2}\text{t p}^4) \\ \quad + \frac{1.1.3}{2.4.6}.\int\lambda^6.\int x^6\,(-1 + \frac{3}{2}\text{t p}^2 + \frac{3}{2}\text{t p}^4 + \frac{1}{2}\text{t p}^6) \\ \quad + \frac{1.1.3.5}{2.4.6.8}.\int\lambda^8\int x^8\,(-1 + \frac{4}{2}\text{t p}^2 + \frac{5}{2}\text{t p}^4 + \frac{4}{2}\text{t p}^6 + \frac{1}{2}\text{t p}^8) \\ \text{&c.} \end{array}\right\}$$

§. 600.

Setzen wir hiefür Kürze halber

$$dv = \pi.\,\text{ſp.}\int\lambda.\int x.\,dx$$
$$+ 2\,\text{coſp.}\,dx\,(1 + a\int x^2 + b\int x^4 + c\int x^6 + \text{&c.})$$

ſo daß

$$a = (-1 + \text{t p}^2).\,\tfrac{1}{2}\int\lambda^2$$
$$b = (-1 + \tfrac{3}{2}\text{t p}^2 + \tfrac{1}{2}\text{t p}^4).\,\tfrac{3}{8}\int\lambda^4$$
$$c = (-1 + \tfrac{3}{2}\text{t p}^2 + \tfrac{3}{2}\text{t p}^4 + \tfrac{1}{2}\text{t p}^6).\,\tfrac{5}{16}\int\lambda^6$$
$$d = (-1 + \tfrac{4}{2}\text{t p}^2 + \tfrac{5}{2}\text{t p}^4 + \tfrac{4}{2}\text{t p}^6 + \tfrac{1}{2}\text{t p}^8)\,\tfrac{35}{128}\int\lambda^8$$
&c.

genommen werde, ſo verwandelt ſich die Reihe in folgende:

$$dv = \pi.\,\text{ſp.}\int\lambda.\int x\,dx$$
$$+ 2\,\text{coſp.}\,dx\left\{\begin{array}{llll} 1 + \frac{1}{2}a & + \frac{6}{3.3}b & + \frac{20}{3.3.3}c & + \text{&c.} \\ -\frac{1}{2}a\cos 2x - & \frac{4}{3}b\cos 2x - & \frac{15}{3.3}c\cos 2x & \\ + \frac{1}{8}b\cos 4x + & \frac{6}{3.3}c\cos 4x & & \\ - \frac{1}{32}c\cos 6x & & & \end{array}\right\}$$

Digitized by Google

§. 601.

Und daraus folgt endlich

$$v = \pi . sp. \int\lambda (1 - \cos x) + 2 \cos p. \left[x + \tfrac{1}{2} a x + \tfrac{6}{10} b x + \tfrac{20}{72} c x + \tfrac{70}{288} d. x + \&c. \right] - \tfrac{1}{4} a \int 2x - \tfrac{4}{16} b \int 2x - \tfrac{1}{64} c \int 2x - \tfrac{56}{256} d. \int 2x + \tfrac{1}{32} b \int 4x + \tfrac{6}{128} c \int 4x + \tfrac{28}{512} d. \int 4x - \tfrac{1}{128} c \int 6x - \tfrac{8}{768} d. \int 6x + \tfrac{1}{1024} d. \int 8x$$

§. 602.

Für die Zeit von o ♈ bis o ♎ wird $x = \pi$. Und demnach die Summe der Sommerwärme

$$v' = 2 \pi . \int p. \int\lambda + 2 \pi . \cos p. (1 + \tfrac{1}{2} a + \tfrac{3}{8} b + \tfrac{5}{8} c + \tfrac{35}{128} d + \&c.)$$

§. 603.

Hingegen für das ganze Jahr wird $x = 2 \pi$, demnach

$$v'' = 4 \pi \cos p. (1 + \tfrac{1}{2} a + \tfrac{3}{8} b + \tfrac{5}{8} c + \tfrac{35}{128} d + \&c.$$

oder

$$v'' = 4 \pi . \cos p. [1 + \tfrac{1}{4} \int\lambda^2 (-1 + tp^2) + \tfrac{3}{64} \int\lambda^4 (-1 + \tfrac{8}{3} tp^2 + \tfrac{1}{3} tp^4) + \tfrac{5}{256} \int\lambda^6 (-1 + \tfrac{3}{1} tp^2 + \tfrac{3}{5} tp^4 + \tfrac{1}{5} tp^6) + \tfrac{35}{2048} \int\lambda^8 (-1 + \tfrac{4}{1} tp^2 + \tfrac{6}{5} tp^4 + \tfrac{4}{7} tp^6 + \tfrac{1}{7} tp^8) + \&c.]$$

oder endlich

$$v = 4 \pi \cos p. [0,95909216 + 0,04226526. tp^2 + 0,00048661. tp^4 + 0,00002250. tp^6 + 0,00000157. tp^8 + 0,00000012. tp^{10} + 0,00000001. tp^{12} + \&c.$$

§. 604.

Hieraus findet sich nun die Summe der Sonnenwärme:

Polhöhe.	im Sommer.	im Winter.	im ganzen Jahr.
unterm Aequator	6, 02616	6, 02615	12, 05231
unterm Wendekreis	6, 57011	4, 57739	11, 14750
45.°	6, 22041	2, 68197	8, 90238
unterm Polarcircul	5, 30671	0, 71647	6, 02318
unterm Pole	5, 00411	0, 00000	5, 00411

Digitized by Google

Die Summe der jährlichen Sonnenwärme unter diesen Polhöhen verhält sich demnach beynahe wie die Zahlen 12, 11, 9, 6, 5.

§. 605.

Die Summe für den Pol konnte durch diese Reihe nicht gefunden werden, weil daselbst r p unendlich groß ist. Man findet sie aber für sich ohne Mühe. Denn die Differentialgleichung

$$d v = \int p. l\delta (\pi + 2\varphi)\, d x + 2 \cos p. \cos\delta. \cos\varphi. d x$$

(§. 599.) kürzt sich unter dem Pol, wo $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ gesetzt werden muß und $p = 90$ Grad ist, sehr ab, indem sie

$$d v = 2\pi. \int\delta. d x$$

oder

$$d v = 2\pi. \int\lambda. \int x. d x$$

wird, woraus

$$v = 2\pi. \int\lambda (1 - \cos. x.)$$

und für die Zeit von ♈ bis ♎

$$v' = 4\pi. \int\lambda = 5{,}004\,11$$

folgt.

§. 606.

Für den Polarcirkul kann die Rechnung ebenfalls abgekürzt und einfacher gemacht werden. Die Tageslänge oder eigentlich der halbe Tagbogen ist daselbst der geraden Aufsteigung, vom Wintercolur angerechnet, gleich. Oder welches einerley ist, es wird daselbst

$$\varphi = \alpha,$$

wenn α die gerade Aufsteigung von ♈ angerechnet, vorstellt. Die Zu- und Abnahme der Tageslänge ist demnach daselbst das ganze Jahr durch gleich groß, und beträgt für jeden Monat 4 Stunden oder wöchentlich 55 Minuten. Das Gesetz der Continuität nimmt also hiebey eine ganz besondere Wendung. Der längste Tag nimmt so schnell ab, und der kürzeste so schnell zu, als jeder anderer Tag des Jahres. Für den Polarcirkul haben wir demnach

$$\varphi = \alpha$$
$$\cos\varphi = \cos.\alpha$$
$$p = 90° - \lambda$$

$$d v = \cos.\lambda. \int\lambda. \int x\,(\pi + 2\alpha).\ d x + 2 \int\lambda. \cos\delta. \cos.\alpha.\ d x,$$

oder

$$d v = \cos.\lambda. \int\delta. (\pi + 2\alpha).\ d x + 2.\sqrt{(\int\lambda^2 - \int\delta^2)}.\ d x.$$

Digitized by Google

Daraus folgt

$$v = -\cos\lambda(\pi + 2\alpha).\sqrt{(\int\lambda^2 - \int\delta^2)} + \cos\lambda^2.\log.\frac{1+\int\delta}{1-\int\delta} + 2\int\delta + \text{const.}$$

oder, wenn man für $\delta = -\lambda$, $v = 0$ setzt,

$$v = -\cos\lambda(\pi + 2\alpha).\sqrt{(\int\lambda^2 - \int\delta^2)} + \cos\lambda^2\log.\left[\frac{1+\int\delta}{1-\int\delta}.\frac{1+\int\lambda}{1-\int\lambda}\right] + 2\int\delta - 2\int\lambda$$

Nun ist für das halbe Jahr von ♈ zum ♎, $\delta = +\lambda$. Demnach die halbjährige Sonnenwärme

$$\tfrac{1}{2}V = 2\cos\lambda^2.\log.\tan.(45^\circ + \tfrac{1}{2}\lambda) + 4\int\lambda$$

oder für das ganze Jahr

$$V = 8\cos\lambda^2.\log.\tan.(45 + \tfrac{1}{2}\lambda) + 8\int\lambda.$$
$$= 6{,}0231828.$$

§. 607.

Wenn man die jährliche Sonnenwärme, so wie sie hier gefunden worden, durch 2π als die Zeit eines Jahres theilet, so erhält man die mittlere tägliche Sonnenwärme. Und theilt man diese noch ferner durch 2π als die Zeit eines Tages, (§. 586.) so erhält man die augenblickliche mittlere Sonnenwärme oder den Sinus der Höhe, welche die Sonne das ganze Jahr durch in einem fort haben müßte, um gleich viele Wärme mitzutheilen. Die Rechnung gibt nachstehenden Erfolg:

Polhöhe.	Mittlere tägliche Erwärmung.	Mittlere Augenbl. Erw.	Sonnenhöhe.
Aequator	1, 918184	0, 30519	17.° 46′
Wendekreis	1, 774155	0, 28237	16. 24
45.°	1, 416857	0, 22550	13. 2
Polarcircul	0, 958620	0, 15257	8. 47
Pol	0, 796430	0, 12675	7. 17

§. 608.

Die bisher berechnete Menge der Sonnenwärme bezieht sich durchaus auf Ebenen von einerley Größe, die ich daher schlechthin nur = 1 gesetzt habe. (§. 587.) Ich werde nun einen Fall vornehmen, wo auf die Fläche mit Rücksicht genommen werden muß. Es sey demnach die Menge der Wärme zu berechnen, welche die Sonne

Sonne der nördlichen Halbkugel der Erde das Jahr durch mittheilt. Hier nehme ich den Halbmesser der Erde = 1 zum Maaßstabe für die Flächenräume an. Es sey demnach C der Pol, B A E der Aequator der Erde. Die Sonne sey in S, ihre Abweichung S A = δ, so ist, wenn man aus S als einem Pole einen größten Circul der Sphäre B D E zieht, der Raum A B D E A derjenige Theil der nördlichen Halbkugel, auf welchen die Sonne ihre Stralen wirft. Die Dichtigkeit derselben wird für jeden Punct P durch den Cosinus des Bogens S P ausgedrückt. (§. 590.) Setzt man demnach 12. Figur.

$$P S A = \omega$$
$$P S = \varpi$$

so findet man die Summe der Wärme für jeden Augenblick, auf den unendlich kleinen Triangel p S P

$$d z = \tfrac{1}{2} \int \omega^2 . d \varpi$$

Nun ist

$$\cos \omega = \cot \varpi . \tang \delta .$$

Und daraus ergibt sich

$$d z = \tfrac{1}{2} . \int \delta^2 . d t \omega : (1 + \int \delta^2 . t \omega^2)$$
$$z = \tfrac{1}{2} \int \delta . \text{Arc. tang } (t \omega . \int \delta)$$
$$= \tfrac{1}{2} \int \delta . A P .$$

Folglich für den ganzen Ausschnitt A B S E A

$$\tfrac{1}{2} \pi . \int \delta$$

und für den Ausschnitt S B D E S

$$\tfrac{1}{2} \pi ,$$

Demnach für den ganzen beleuchteten Theil der nördlichen Halbkugel

$$Z = \tfrac{1}{2} \pi (1 + \int \delta)$$

und für einen ganzen Tag

$$2 \pi Z = \pi^2 (1 + \int \delta)$$

und endlich für das halbe Jahr von o ♈ bis o ♎

$$2 \pi \int Z d x = \pi^2 (\pi + 2 \int \lambda) = 3,9380236 . \pi^2$$

und für die andere Hälfte des Jahres

$$= \pi^2 (\pi - 2 \int \lambda) = 2,3451616 . \pi^2 .$$

Diese Mengen verhalten sich sehr nahe, wie 5 zu 3 oder genauer, wie 42 zu 25.

Drittes Hauptstück.

Die tägliche Sonnenwärme.

§. 609.

Im vorhergehenden Hauptstücke habe ich die Menge der Wärme berechnet, welche die Sonne sowohl täglich als jährlich einem beliebigen Orte der Erde mittheilt. Diese Rechnung hat in sofern ihre völlige Richtigkeit. Sie klaret aber die Art, wie und wieviel die Erde dadurch erwärmt wird, nicht auf. Dazu gehören Betrachtungen von ganz anderer Art. Ich habe nun schon vorhin, (§. 583.) gesagt, daß nicht alle Sonnenwärme bis zur Erde gelangt, indem die Luft und oft auch Wolken einen beträchtlichen Theil auffangen, und daß es schon viel seyn wird, wenn wir, ohne allzumerklichen Fehler werden annehmen können, daß die Wärme, so die Erde wirklich von der Sonne erhält, derjenigen, die sie ohne solche Hindernisse würde erhalten können, wenigstens proportional sey. Dieses kann nun nicht wohl anders als aus dem Erfolge entschieden werden. Ich werde demnach diese Voraussetzung als den einfachsten Fall zum Grunde legen.

§. 610.

Die Wärme, welche die Erde von der Sonne erhält, zieht sich in dieselbe hinein, und schon aus diesem Grunde wird sie an der Oberfläche schwächer als sie sonst seyn würde. Es geht nun hingegen auch von der Wärme, so die Oberfläche hat, immer ein Theil durch die Luft in die Höhe, wo sie sich, so zu sagen, verliert. Dieser Abgang dauert Tag und Nacht in einem fort, und ist desto stärker, je wärmer die Erdfläche ist, je kürzer die Tage und je länger die Nächte sind.

§. 611.

Ich habe ferner oben (§. 578 — 581.) schon angemerkt, daß, was von dieser durch die Luft weggehenden Wärme der Grundwärme der Erde zuzuschreiben, wegen des immer gleichen Ersatzes lange Zeiten durch beständig bleibt. Es ist daher in sofern unnöthig darüber Rechnung zu tragen, wo nur die von der Sonne herrührende Veränderungen zu betrachten sind. Die Sonne theilt der Erde Wärme mit. Von dieser ist also die Frage, wie sie nach und nach wieder weggeht. In dieser Absicht, sagte ich, daß der abgehende Theil dem wirlich vorhandenen proportional sey, und da ist es wenigstens in Absicht auf die tägliche Erwärmung gleich viel, ob sie in die Luft geht oder sich in die Tiefe zieht. Hier ist nur von der Wärme an der Oberfläche die Rede.

§. 612.

Es sey nun alles, wie im §. 591., so ist

$$\text{cosa.}\, d\omega = \text{cose.}\, \text{cose.}\, d\omega + \text{se.}\, \text{se.}\, \text{cos}\omega.\, d\omega.$$

+ se.

Digitized by Google

Die in dem Zeittheilchen d ω zufließende Sonnenwärme. Die bereits vorräthige werde durch y angedeutet, und man setze die Erkältungs-Subtangente = 7, so ist

$$\frac{y\,d\,\omega}{7}$$

der in eben dem Zeittheilchen d ω abgehende Theil. Die Veränderung wird demnach

$$d\,y = \text{cose. cosc. } d\omega + \text{se. sc. cos}\omega.\ d\omega - \frac{y\,d\,\omega}{7}$$

seyn, woraus

$$y = 7.\ \text{cose. cosc.} + \frac{77}{1+77}.\ \text{se sc. s}\omega + \frac{7}{1+77}.\ \text{se sc. cos}\omega + A.\,e^{-\omega:7}$$

gefunden wird, wobey A die nach der Integration addirte, beständige Größe ist. Diese kann so bestimmt werden, daß bey Aufgange der Sonne $y = o$ sey. Alsdann ist aber $\omega = -(\frac{1}{2}\pi + \varphi)$. Wir erhalten demnach

$$y = 7\ \text{cose. cosc.} + \frac{7}{1+77}\ \text{se. sc.}\,[7\,\text{s}\omega + \text{cos}\omega]$$
$$-\left[7\ \text{cose cos.} - \frac{7}{1+77}.\ \text{se. sc.}\,(7\ \text{cos}\varphi + \text{s}\varphi)\right].e^{-(\frac{1}{2}\pi+\varphi+\omega):7}$$

§. 613.

Man setze $7 = \text{cot}\,x$, so verwandelt sich diese Formel in

$$y = \text{cot}\,x.\ \text{cose. cosc.} + \text{cos}x.\ \text{se. sc.}\ \text{s}\,(x+\omega)$$
$$-[\text{cot}\,x.\ \text{cose. cosc.} - \text{cos}x.\ \text{se. sc.}\ \text{s}\,(x+\varphi)].\ e^{-(\frac{1}{2}\pi+\varphi+\omega).\,\text{t}x}$$

oder wenn wir p, δ anstatt e, c setzen in

$$y = \text{cot}\,x.\ \text{sp.s}\,\delta + \text{cos}x.\ \text{cosp. cos}\delta.\ \text{s}\,(x+\omega)$$
$$-[\text{cot}\,x.\ \text{sp.}\,\text{s}\,\delta - \text{cos}x.\ \text{cosp. cos}\delta.\ \text{s}\,(x+\varphi)].\ e^{-(\frac{1}{2}\pi+\varphi+\omega).\,\text{t}x}.$$

§. 614.

Hiebey ist nun noch der Werth von $7 = \text{cot}x$ zu bestimmen. Dazu mag nun die Zeit der größten Tageswärme am dienlichsten seyn. Es ist bekannt genug, daß diese Zeit nicht die Mittagsstunde selbst ist, sondern später eintrift, und zwar bey längern Tagen später als wenn die Tage kürzer sind. In den längsten Sommertagen fällt sie ziemlich auf 3 Uhr Nachmittags. Im Winter trift sie früher ein, und zwar desto früher, je früher die Sonne untergeht. Geht die Sonne z. E. um 4 Uhr unter, so wird diese Zeit so ziemlich gegen 2 Uhr Nachmittag seyn, und an den 12 Stunden langen Tagen auf $2\frac{1}{2}$ Uhr treffen. Ich

Digitized by Google

werde, um die Rechnung abzukürzen, diese Tage wählen, und demnach $\delta = \odot = 0$, $c = 90°$ setzen. Dadurch verwandelt sich die Formel (§. 612.) in folgende einfachere:

$$y = \frac{7}{1+77} \cdot \text{cosp.}\,[7\,s\omega + \cos\omega] + \frac{77}{1+77} \cdot \text{cosp.}\, e^{-(\frac{1}{2}\pi+\omega):7}$$

Nun soll y ein Maximum seyn, indem ω veränderlich ist. Diese Bedingung gibt die ganz einfache Gleichung

$$e^{-(\frac{1}{2}\pi+\omega):7} = 7\cos\omega - s\omega,$$

welche von der Polhöhe ganz unabhängig ist. Nun ist π die Zeit von 12 Stunden, $\omega = 2\frac{1}{2}$ St. $= 37.°\,30' = \frac{5}{24}\pi$. Demnach

$$e^{-2,2253:7} = 0,79335 - 0,60876.$$

Hieraus findet sich $7 = 0,926 = 3,53$ Stunden.

§. 615.

Da die Zeit, wenn die Tageswärme am größten ist, nicht leicht genau bestimmt werden kann, so habe ich eben diese Rechnung für $\omega = 3$ St. $= 45°$ $= \frac{1}{4}\pi$ vorgenommen, und den Werth $7 = 1,13 = 4,32$ St. gefunden. Ich werde demnach ein Mittel nehmen und $7 = 1$ setzen, weil dabey eben nicht viel wird gefehlt seyn, die Rechnung aber dadurch abgekürzt wird.

§. 616.

Setzen wir demnach $7 = 1$, so wird $t\,x = \cot x = 1$, und $x = \frac{1}{4}\pi$ $= 45°$. Dadurch verwandelt sich die Formel (§. 613.) in folgende:

$$y = \text{sp.}\,f\delta + \text{cosp.}\,\cos\delta.\,f(45° + \omega).\sqrt{\tfrac{1}{2}} - [\text{sp.}\,f\delta - \text{cosp.}\,\cos\delta.\,f(45° + \varphi).\sqrt{\tfrac{1}{2}}]\, e^{-(\frac{1}{2}\pi+\varphi+\omega)}$$

Hiebey ist nun

$$\text{sp.}\,f\delta = \tfrac{1}{2}f(e+\delta) - \tfrac{1}{2}f(e-\delta)$$
$$\text{cosp.}\cos\delta = \tfrac{1}{2}f(e+\delta) + \tfrac{1}{2}f(e-\delta)$$

Das ist also die halbe Differenz und halbe Summe der Mittags-Sonnenhöhe und Mitternachts-Sonnentiefe.

§. 617.

Die Formel kann nun auch folgendermaaßen vorgestellt werden:

$$\frac{y\sqrt{2}}{\text{cosp.}\,\cos\delta} = f\varphi.\sqrt{2} + f(45° + \omega) = \left(f45° - \varphi\right).e^{-(\frac{1}{2}\pi+\varphi+\omega)}$$

Digitized by Google

Man sieht hieraus ohne Mühe, daß das zweyte Glied $= 0$ wird, wenn $\varphi = 45°$ und folglich der Tag von 18 Stunden ist. Alsdann hat man schlechthin

$$\frac{y\sqrt{2}}{\text{cosp. col}\delta} = 1 + \text{f}(45° + \omega)$$

Und daraus folgt, daß die Tageswärme Nachmittags um 3 Uhr am größten ist. Die Art, wie sie vom Sonnenaufgange an zunimmt, ist folgende:

Zeit.	y	
3 St. V. M.	0	multiplicirt mit cosp. col δ. $\sqrt{\frac{1}{2}}$.
6	$1 - \sqrt{\frac{1}{2}}$	
9	1	
12	$1 + \sqrt{\frac{1}{2}}$	
3 St. N. M.	2	
6	$1 + \frac{1}{2}$	
9	1	

Die Wärme nimmt also an den 18 St. langen Tagen Morgens um 9 Uhr am schnellesten zu. Nachmittags um 3 Uhr ist sie am größten, und Abends um 9 Uhr bey Sonnen-Untergang noch eben so groß als sie Morgens um 9 Uhr war. Diese noch übrige Wärme erkältet die Nacht durch logarithmisch. Und da die Länge der Nacht von 6 Stunden demnach $= \frac{1}{2}\pi$ ist, so nimmt sie in Verhältniß von 1 zu

$$e^{-\pi : 27}$$

ab und ist demnach des folgenden Morgens bey Sonnen-Aufgang nur noch

$$0{,}2079.\ \text{cosp. col}\delta.\sqrt{\tfrac{1}{2}}.$$

Das ist etwa $\frac{1}{10}$ der größten Nachmittagswärme.

§. 618.

Die Formel nimmt endlich noch folgende Gestalt an:

$$\frac{2y}{\text{cosp. col}\delta} = 2\,\text{f}\varphi + \text{f}\omega + \text{co}\omega + \sqrt{2}.\,\text{f}(45 - \varphi).\,e^{-(\frac{1}{2}\pi + \varphi + \omega)}$$

welche zur Berechnung sehr bequem ist. Ich habe nach derselben für verschiedene Tageslängen folgende Tafel berechnet:

Werthe von $\frac{2y}{\text{cosp. cos}\delta}$

Tageslängen in Stunden.

Tagesstunden.	6	8	10	12	14	16	18
3 Morgen							0, 0000
4						0, 0000	0, 0482
5					0, 0000	0, 0572	0, 1895
6				0, 0000	0, 0624	0, 2172	0, 4142
7			0, 0000	0, 0633	0, 2302	0, 4602	0, 7071
8		0, 0000	0, 0620	0, 2275	0, 4749	0, 7629	1, 0482
9	0, 0000	0, 0524	0, 2093	0, 4572	0, 7067	1, 0993	1, 4142
10	0, 0413	0, 1760	0, 4084	0, 7183	1, 0756	1, 4426	1, 7802
11	0, 1322	0, 3317	0, 6209	0, 9785	1, 3726	1, 7661	2, 1213
Mittag.	0, 2324	0, 4812	0, 8147	1, 2091	1, 6315	2, 0454	2, 4142
1	0, 3203	0, 5954	0, 9632	1, 3858	1, 8301	2, 2697	2, 6390
2	0, 3356	0, 6516	1, 0456	1, 4901	1, 9512	2, 3930	2, 7802
3	0, 2956	0, 6342	1, 0485	1, 5102	1, 9839	2, 4350	2, 8284
4		0, 5355	0, 9955	1, 4397	1, 9238	2, 3800	2, 7802
5			0, 7973	1, 2815	1, 7733	2, 2371	2, 6390
6				1, 0437	1, 5414	2, 0095	2, 4142
7					1, 2431	1, 7144	2, 1213
8						1, 3717	1, 7802
9							1, 4142

Jede Columne fängt bey der Stunde an, da die Sonne aufgeht und endigt sich mit Untergang der Sonne. Die alsdann noch rückständige Wärme verliert sich die Nacht durch nach den Ordinaten einer logarithmischen Linie, deren Subtangente = 1 ist, und für deren Abscissen π 12 Stunden vorstellt. Die Zahlen der Tafel müssen mit

$$\frac{1}{2}\,\text{cosp. cos}\delta$$

multiplicirt werden, wenn man y selbst haben, und demnach den Erfolg von einerley Tageslängen unter verschiedenen Polhöhen miteinander vergleichen will.

§. 619.

Wenn man sich von der Art, wie die Wärme vom Aufgange der Sonne bis Nachmittags zu, und von da an wieder abnimmt, einen klaren Begriff ma-

chen will, so gelangt man am besten dazu, wenn man die Zahlen vorstehender Tafel als Ordinaten einer krummen Linie zeichnet, und für die Nachtstunden die ersterwähnte logarithmische Linie beyfügt. Dieses habe ich in der 33sten Figur für die Tageslänge von 16 Stunden gethan. Der Anfang der Erwärmung trift auf 4 Uhr des Morgens, da die Sonne aufgeht. Die gröste Wärme B b in B etwas vor 3 Uhr. Um 8 Uhr bey C hört, wegen des Unterganges der Sonne, die Erwärmung auf, und die noch übrige Wärme C c nimmt die Nacht durch nach den Ordinaten der logarithmischen Linie c d ab, so daß sie des folgenden Morgens noch D d ist. Fig. 33. Figur.

§. 620.

Dieses findet nun statt, sofern wir in der Rechnung nur eine Erkältungs-Subtangente, und zwar diejenige gebraucht haben, welche für die tägliche Erwärmung und Erkältung eigentlich zu gebrauchen ist, wenn man von allen geringen Abweichungen abstrahirt und voraussetzt, daß die Sonne den ganzen Tag über helle scheine und die Luft windstill sey. Es ist nun aber die Wärme, die sich in die Erde zieht, eigentlich nicht verloren, sondern sie zieht sich an den kältern Tagen wieder herauf und dient den Abgang der Sonnenwärme zu ersetzen. Die jährliche Erwärmung und Erkältung hängt daher ganz davon ab. Es kömmt daher allerdings noch die jährliche Erkältungs-Subtangente vor, und diese macht, daß die Abscissenlinie A D, welche ich gerade gezogen habe, nicht ganz gerade, sondern der $\frac{1}{365}$ Theil derjenigen krummen Linie ist, deren Ordinaten die jährliche Veränderung der Wärme für eben die Polhöhe vorstellen. Dieses macht, daß der Punct d nach der Verschiedenheit der Jahrszeit höher oder tiefer fällt als er in der Figur gezeichnet, und zwar nachdem sich die Linie A D herauf- oder herunterzieht.

§. 621.

Bey der hier angegebenen Rechnung habe ich alle zufällige Ursachen von der Aenderung der Wärme bey Seite gesetzt. Sie geht daher eigentlich nur auf helle und windstille Tage, dergleichen selten mehrere auf einander folgen. Wenn indessen der Himmel nur mit Wolken bedeckt und die Luft stille ist, so habe ich bereits oben angemerkt, daß die Erde dessen unerachtet von Morgen bis Nachmittag wärmer wird, und von da an wieder etwas erkältet. Die Aenderung trägt aber mehrentheils nur $\frac{1}{3}$ dessen aus, was sie bey ganz hellen und windstillen Tagen thun würde. Die vom Regen, Thau, Reif, Schnee, Hagel, Wind ꝛc. herrührenden Veränderungen, sind allzu irregulär, als daß sie anders als ihrer ganzen Summe nach und bey der jährlichen Veränderung der Wärme in Betrachtung kommen könnten. Regen und Winde können sowohl kalt als warm seyn. Sie sind es aber mehrentheils nur beziehungsweise. Die schwule Sommerhitze wird mehrentheils durch Regen und Gewitter abgekühlt, und zwar desto mehr, je näher man bey dem Orte ist, wo es regnet oder wittert. Die daher entstehende Ab-

Digitized by Google

kühlung breitet sich weit herum aus, weil die Wärme sich in der Luft sehr schnell gegen die kältere Oerter zieht. (§. 346.) Kömmt aber nach kaltem Wetter, Regen mit einem warmen Winde, so nimmt die Kälte ab. Und dieses geschieht fürnemlich im Winter, wenn nach vorgegangenem Froste Thauwetter einfällt. Es geschieht dann auch, daß ein anfangender Regen in Schnee ausartet, wenn nemlich der Regen die Erdfläche genug erkältet, daß der Schnee nicht im Herunterfallen schmelzen kann. Der Regen ist mehrentheils ein geschmolzner Schnee.

§. 622.

Von aufeinanderfolgenden ganz hellen und windstillen Tagen habe ich 1751 dem 13ten bis zum 17ten Jul. fünf unter meinen zu Chur angestellten Wetterbeobachtungen, wo ich das Steigen und Fallen des Reaumurschen Thermometers jeden Tag sehr oft aufzeichnete. Das Thermometer hieng in einem Cabinet, welches gegen Süden und gegen Westen ein offengelassenes Fenster hatte. Die Sonne schien von Morgen um 9 Uhr bis Nachmittag um 5 Uhr erst durch das eine, und dann durch beyde, endlich nur durch das andere Fenster hinein, ehne jedoch auf das Thermometer zu treffen. Die Luft hatte also im Cabinette wenigstens eben die Wärme als in dem anstoßenden Garten, über dessen Boden das Cabinet nur etwa 4 Fuß erhöht war. Das Thermometer stieg und fiel folgendermaaßen.

T.	St.	Gr.	T.	St.	Gr.	T.	St.	Gr.	T.	St.	Gr.
12.	fo. A.	18, 0	13.	4. A.	19, 6	14.	7. A.	19, 0	16.	10. M.	18, 2
13.	7¾ M.	12, 3		5	19, 3		10	17, 2		11	19, 0
	8	12, 6		6¾	18, 0		11	16, 7		2. A.	21, 8
	9	13, 8		9¼	16, 7	15.	7. M	14, 1		3	22, 2
	9¼	14, 1		10	16, 6		8	15, 3		4	22, 0
	10	15, 2	14.	7. M	13, 0		9	16, 0		5	21, 8
	11	16, 4		8	13, 9		10	17, 3		6	21, 7
	11¼	16, 7		9	15, 1		11	17, 9		8	20, 5
	12	17, 5		10	16, 0		1. A.	19, 9		10	19, 0
	12¼	17, 9		11	17, 1		3	21, 1	17.	6 M.	16, 0
	1. A.	18, 2		12	18, 0		4	20, 9		7	16, 2
	1½	18, 3		1. A.	18, 6		6	20, 5		10	17, 8
	2	18, 4		3	19, 9		10	18, 4		12	20, 3
	2½	19, 1		4	19, 8	16.	7. M	14, 5		3. A.	22, 1
	3	19, 3		5	19. 7		8	16, 0		10	19, 9
	3½	19, 7		6	19. 5		9	17, 2		&c.	&c.

Diese

Diese sehr schöne Witterung dauerte noch einige Tage fort. Es war aber den 18ten windigt, den 19ten wurde die Sonne zuweilen mit Wolken bedeckt. Es mag auch wohl in der Ferne geregnet haben. Denn den 20sten Abends um 10 Uhr stund das Thermometer auf dem 16ten Gr., und den 21sten Morgens um 6½ Uhr bey 12,3 Grad, demnach wieder so tief als Anfangs den 13ten. Den 22sten trafen endlich Wolken und Regen ein. Diese schöne Witterung war damals desto angenehmer, da in den 5 vorhergehenden Monaten in allem nicht 20 schöne Tage gewesen waren. Dieses ist auch der Grund, warum das Thermometer während den 5 Tagen, von Tag zu Tag merklich höher stund. Denn die gröste Wärme war, den letzten Tag allein ausgenommen.

Den 13ten	: : : :	19,7
— 14.	: : : :	19,9
— 15.	: : : :	21,1
— 16.	: : : :	22,2
— 17.	: : : :	21,1

Daß die gröste Wärme eher nach als vor 3 Uhr einfiel, davon muß der Grund darinn gesucht werden, daß die Sonne erst des Morgens um 7 Uhr über die Berge empor stieg, und erst gegen 9 Uhr anfieng in das Cabinet zu scheinen.

§. 623.

Diese zween Umstände machen nun, daß ich diese Beobachtungen eben nicht als einen Probirstein der vorhin angegebenen Rechnungen ansehen kann. Man sieht aber ohne Mühe, daß sie einen doppelten Erfolg haben müssen. Denn die Sonne hatte um 7 Uhr schon eine ziemliche Höhe. Sie fieng daher als sie hinter dem Berge hervor kam, mit voller Macht an, den Boden zu erwärmen. Dieses macht nun, daß sich die Linie A b c d von A bis f sehr wenig, von f an aber sehr schnell aufwärts ziehen muß. Sodann da die Stadt nach dem wahren Aufgange der Sonne noch 3 Stunden lang im Schatten des Berges lag, blieb der Boden und die Luft währender Zeit kühler. Dieses macht die gröste Tageswärme geringer und verspätiget die Zeit da sie eintraf. Man kann beydes aus der Rechnung herleiten, wenn man in der Integralformel (§. 512.) die beständige Größe so bestimmt, daß $y = o$ sey, wenn $\omega = -\frac{1}{2}\pi$ ist. Man kann sich aber auch durch eine ganz leichte Betrachtung davon versichern. Denn die Wärme ist am größten, wenn $dy = o$ ist, und folglich die Wärme, so die Erde in einem Zeittheilchen $d\omega$ von der Sonne erhält, derjenigen gleich ist, die sie in eben dem Zeittheilchen verliert. Nun ist diese letztere der wirklich vorhandenen Wärme proportional, und demnach zugleich mit derselben in dem hier vorkommenden Fall geringer. Also muß auch erstere geringer seyn. Dieses fordert aber eine geringere Sonnenhöhe, und demnach, da die Zeit Nachmittag ist, eine spätere Zeit. Dann aber neigt sich die Sonne schneller, und so muß das Maximum auch wiederum schneller abnehmen.

§. 624.

34. Figur. Ich habe nun den Gang des Thermometers den Beobachtungen gemäß in der 34sten Figur gezeichnet das nächtliche Fallen deſſelben durch Puncte angedeutet. Man ſieht daraus mit einem Anblicke, daß in der That dieſe 5 Tage über die Erde ſehr regulär erwärmt wurde. Und die krumme Linie weichet, zumal in den 4 erſten Tagen von der in der 33ſten Figur gezeichneten gerade ſo ab, wie es die erſt angeführten Umſtände erfordern. Die kleinern Ungleichheiten zeigen nun an, daß ſie auch bey der regulärſten Witterung ſtatt finden. Die Linien A B, C D, welche nach den niedrigſten und höchſten Stande des Barometers gezogen ſind, ziehen ſich hier ſtark aufwärts. Es rühret dieſes fürnehmlich von der vorhergegangenen trüben und kalten Witterung her. (§. 623.) Denn da die Erde wenig Wärme hatte, ſo konnte ſie auch nicht ſtark erkälten, und ſo häufte ſich während dieſen 5 hellen Tagen die Wärme ſehr merklich auf. Man ſieht übrigens ſowohl aus der Figur als aus den Beobachtungen ſelbſt, (§. 622.) daß die tägliche Veränderung der Wärme etwa 7 Reaumuriſche Grade betrug. Und hieraus läßt ſich der Schluß machen, was die Zahlen der Tafel, (§. 618.) wenn ſie durch $\frac{1}{2}$ coſp. coſ δ multiplicirt werden, bedeuten. Chur liegt unter der Polhöhe von 46°. 50′. Den 13ten Jun. 1751. war nach den Zanottiſchen Ephemeriden die Abweichung der Sonne 23°. 15′ nördlich, demnach $\varphi = 27°. 16'$ und die Tageslänge 15 St. 38′. Dieſes gibt vor 3 Uhr Nachmittags die entſprechende Zahl aus bemeldter Tafel = 2,3530, welche mit $\frac{1}{2}$ coſp. coſ δ. = 3,1428 multiplicirt 7,3950 gibt. Da dieſes Product nun ſo viel als 7 Reaumuriſche Grade, auch wohl etwas mehr (§. 623.) vorſtellt, ſo erhellet, daß die Zahlen der Tafel, mit $\frac{1}{2}$ coſp. coſ δ. multiplicirt, ſolche Producte geben, deren Einheiten ſo ziemlich 10 Reaumuriſche Grade betragen. Es wird aber hiebey vorausgeſetzt, daß die tägliche Erwärmung der Erde ſchlechthin nur von der Sonne herrühre, ohne daß Winde, Regen ꝛc. etwas daran ändern. Denn ſonſt kann ſie ſowohl größer als kleiner ſey.

§. 625.

Niebuhr giebt in ſeiner Reiſebeſchreibung an, wie er zu Loheia und zu Sanà in Arabien, die Höhe des Fahrenheitſchen Thermometers für einzelne Stunden aufgezeichnet habe. Und ſagt, man werde daraus ſehen können, wie gleichförmig es daſelbſt täglich ſteige und wieder falle. Seine Beobachtung zu Loheia unter der nördlichen Polhöhe von 15°. 42′ iſt vom 25ſten Jan. 1763, wo demnach die Mittagshöhe der Sonne von $55\frac{1}{2}$ Gr., $\varphi = -5\frac{1}{2}$ Gr. und die Tageslänge von $11\frac{1}{3}$ Stunden war. Er fand das Thermometer

Digitized by Google

25sten Jan.	6 Uhr, Morgens	: :	$74\frac{1}{2}$
	7 : : : : : : :		75
	8 : : : : : : :		77
	9 : : : : : : :		$80\frac{1}{4}$
	10 : : : : : : :		82
	11 : : : : : : :		83
	12 : : : : : : :		$83\frac{1}{4}$
	1 Abends : : : :		84
	2 : : : : : : :		84
	5 : : : : : : :		83
	6 : : : : : : :		$80\frac{1}{2}$
	7 : : : : : : :		80
	9 : : : : : : :		80
	10 : : : : : : :		80
	11 : : : : : : :		$79\frac{1}{2}$
26sten Jan.	7 Uhr, Morgens	: :	78

Das Thermometer stieg also unter Tagen ganz erdentlich, aber von 6 Uhr Abends bis 11 Uhr, und die ganze Nacht durch fiel es allzu wenig, und dieses ist eine Anzeige, daß zufällige Ursachen den Gang desselben müssen verändert haben. Sana liegt unter 15°. 21′ nördlicher Polhöhe. Niebuhr beobachtete den Gang des Thermometers daselbst den 18ten Jul. 1763, wo demnach die Mittagshöhe oder vielmehr die Nordhöhe im Mittage der Sonne $84\frac{1}{2}$ Gr. $\varphi = +6$ Gr. und die Tageslänge $12\frac{1}{4}$ St. war. Er fand das Thermometer

18ten Jul.	6 Uhr, Morgens	: :	58 Gr.
	7. 30′ : : : :		61
	8. 45 : : : :		67
	9. 30 : : : :		$71\frac{1}{2}$
	10. 45 : : : :		$74\frac{1}{2}$
	1. 0 Abends : :		76 *
	3. 0 : : : :		80
	3. 45 : : : :		$78\frac{1}{2}$
	4. 45 : : : :		76
	6. 0 : : : :		$73\frac{1}{2}$
	7. 0 : : : :		72
	8. 30 : : : :		68
	10. 0 : : : :		67
19ten Jul.	6. 0 Morgens	: :	$58\frac{1}{2}$

Digitized by Google

Hier wird für 1 Uhr N. M. 79 Gr. anstatt 76 müssen gelesen werden. Und dann sind alle Beobachtungen sehr regulär. Sanà mag etwas hoch liegen, da hier das Thermometer im höchsten Sommer des Morgens beym 58sten Fahrenheitschen Grad stund, und des Mittags nur bis zum 80sten Gr. stieg. Niebuhr sagt übrigens, er habe das Thermometer des Mittags in einem offenen Zimmer, des Morgens und Abends aber vor demselben in freyer Luft gehabt. Dieses mag es aufklären, warum dasselbe nach 3 Uhr ziemlich schnell fiel, und des Vormittags nach 10 Uhr schon anfieng merklich langsamer zu steigen.

§. 626.

Da die Sonne Körper von dunklerer Farbe mehr erwärmt als Körper von lichtern Farben, (§. 280.) so hat dieses einigen Einfluß auf die Tageswärme. Es wird ferner das Wasser von der Sonne weniger erwärmt als die Erde, und der mit Gras, Korn, Bäumen beschattete Boden weniger als das bloße Erdreich, endlich auch dieses weniger als dürrer Sand und Felsensteine. Solche Umstände haben nun ihren Einfluß auf die Anfangs (§. 612.) zum Grunde gelegte Differenzialformel. Sie wird daher mittelst eines Coefficienten n folgendermaaßen allgemeiner

$$dy = n\,\text{cose.}\,\text{cosc.}\,d\omega + n\,\text{se.}\,\text{sc.}\,\text{cos}\omega.\,d\omega - \frac{y\,d\omega}{7}$$

Hier richtet sich nun n nach dem Grade der Erwärmbarkeit des Bodens. Dieser Coefficient ändert übrigens die Rechnung nicht. Denn setzt man $y = n.\eta$, so erhält man

$$d\eta = \text{cose.}\,\text{cosc.}\,d\omega + \text{se.}\,\text{sc}\,\text{cos}\omega.\,d\omega - \frac{\eta\,d\tau}{7}$$

eine Gleichung, welche mit der Anfangs zum Grunde gelegten einerley Form hat. Das will also sagen, daß die Wärme den ganzen Tag über in Verhältniß von 1 zu n größer oder kleiner ausfällt, als sie nach der vorhergehenden Rechnung, wo $n =$ ist, gefunden wird. Und dieses will hinwiederum sagen, daß man für $y = 1$ nicht 10, sondern 10 n Reaumursche Grade setzen müsse. (§. 624.)

§. 627.

Will man hingegen darauf Rücksicht nehmen, daß der Boden nach seiner verschiedenen Beschaffenheit die Wärme schneller oder langsamer verliert, wozu feuchte oder trockene, dichtere oder dünnere Luft, so wie auch der Wind beytragen kann, so sind dieses Umstände, nach welchen die Erkältungs-Subtangente 7 ihren Werth ändert. Ich habe, Kürze halber, $7 = 1$ gesetzt. Wenn aber solche Veränderungen mit in die Rechnung kommen sollen, so muß man entweder 7 wenigstens für einen Tag lang beständig setzen, und dann dient die allgemeine Formel, (§. 612.) oder wenn 7 sich augenblicklich ändert, so muß wenigstens das Gesetz

Digitized by Google

der Aenderung bekannt seyn, und dann mag es sich zeigen, ob die Differentialformel (§. 612.) sich integriren läßt.

Viertes Hauptstück.

Die jährliche Sonnenwärme überhaupt.

§. 628.

Im vorhergehenden Hauptstücke betrachtete ich diejenige Sonnenwärme, die sich in die Erde hineinzieht, in Absicht auf die tägliche Erwärmung der Oberfläche, als verloren (§. 612.) merkte aber doch (§. 620.) an, daß die jährliche Erwärmung und Erkältung der Erde ganz davon abhängt, weil diese Wärme sich im Sommer in der Erde aufhäuft, und dazu dient den Mangel der Sonnenwärme im Winter einigermaaßen zu ersetzen. Die Sommertage werden dadurch weniger warm, dagegen aber auch die Wintertage weniger kalt als sie ohne eine solche Oekonomie der Wärme seyn würden.

§. 629.

Wir können nun überhaupt annehmen, daß sich jeden Tag destomehr Wärme in die Erde zieht, je mehr die Sonne der Oberfläche mittheilt. Es ist also die sich jeden Tag in die Erde ziehende Wärme der Menge der täglichen Sonnenwärme proportional. Diese Proportionalität ist aber wegen der zufälligen Hindernisse, dergleichen Wolken, Regen, Schnee ꝛc. nicht wenig veränderlich. Und dieses macht, daß jedes Jahr seinen eigenen Wechsel von Wärme und Kälte hat. Wenn wir aber auf das Mittel von mehrern Jahren sehen, so läßt sich allerdings eine mittlere Proportion feste setzen. Die Rechnung wird dadurch einfacher, und auf die Irregularitäten läßt sich nachgehends besonders Rücksicht nehmen. Die Grundwärme kann hier ebenfalls, und aus eben den Gründen, wie im vorhergehenden Hauptstücke (§. 611.) aus der Rechnung wegbleiben. Sie ist eine eigene Quelle von Wärme die Jahrhunderte durch beständig ist. Hier ist von der jährlichen Abwechslung die Rede, die von der Sonne herrührt.

§. 630.

Nach dem §. 599. würde nun für jedes Zeittheilchen d x, die Zunahme der jährlichen Wärme

$$dv = \pi \lambda p \, l\delta . \, dx + 2 . \int \delta . \varphi \, dx + 2 \cos p . \cos\delta . \cos\varphi \, dx$$

seyn, wenn wir, wie es daselbst geschehen, nur die ganze Summe berechnen wollten. Hier ist aber von der wirklich übrigbleibenden Wärme die Rede, und so muß

Digitized by Google

abgezogen werden, was wegen der Erkältung abgeht. Dieser abzuziehende Theil kann nun durch

$$\frac{v\,dx}{\theta}$$

vorgestellt werden, denn er ist in gerader Verhältniß der vorräthigen Wärme v und in umgekehrter Verhältniß der jährlichen Erkältungs-Subtangente, die ich durch θ ausdrücke. Wir haben demnach eigentlich

$$dv = \pi\,\mathfrak{sp}.\,\mathfrak{f}\delta.\,dx + 2\,\mathfrak{sp}.\,\mathfrak{f}\delta.\varphi\,dx + 2\,\mathfrak{cosp}.\,\mathfrak{cof}\delta.\,\mathfrak{cof}\varphi.\,dx - \frac{v\,dx}{\theta}$$

$$\mathfrak{f}\delta = \mathfrak{f}\lambda.\,\mathfrak{f}x$$

$$\mathfrak{f}\varphi = \mathfrak{tp}.\,\mathfrak{t}\delta = \frac{\mathfrak{tp}.\,\mathfrak{f}\lambda.\,\mathfrak{f}x}{\sqrt{(1-\mathfrak{f}\lambda^2.\,\mathfrak{f}x^2)}}$$

§. 631.

Setzen wir hier Kürze halber

$$dv = q\,dx - \frac{v\,dx}{\theta}$$

so ist

$$v.\,e^{x:\theta} = \mathfrak{f}\left(e^{x:\theta}\,q\,dx\right) + \text{Conſt.}$$

und (§. 600.)

$$q = \pi.\,\mathfrak{sp}.\,\mathfrak{f}\lambda.\,\mathfrak{f}x$$
$$+2\,\mathfrak{cosp}.\left\{\begin{array}{llll} 1+\frac{1}{2}a & +\frac{6}{8.2}b & +\frac{20}{32.4}c & +\&c. \\ -\frac{1}{2}a\,\mathfrak{cof}.\,2x - \frac{4}{8}b\,\mathfrak{cof}.\,2x - \frac{15}{32}c\,\mathfrak{cof}.\,2x & & & \\ & +\frac{1}{8}b\,\mathfrak{cof}.\,4x + \frac{5}{32}c\,\mathfrak{cof}.\,4x & & \\ & & +\frac{1}{32}c\,\mathfrak{cof}.\,6x & \end{array}\right\}$$

wofür wir ebenfalls Kürze halber

$$q = A + B\,\mathfrak{f}x - C\,\mathfrak{cof}.\,2x + D\,\mathfrak{cof}.\,4x - E\,\mathfrak{cof}.\,6x + \&c.$$

setzen wollen, so daß

$$A = 2\,\mathfrak{cosp}.\left(1 + \tfrac{1}{2}a + \tfrac{3}{8}b + \tfrac{10}{32}c + \&c.\right)$$
$$B = \pi.\,\mathfrak{sp}.\,\mathfrak{f}\lambda.$$
$$C = \left(\tfrac{1}{2}a + \tfrac{1}{2}b + \tfrac{15}{32}c + \&c.\right)2\,\mathfrak{cosp}.$$
$$D = \left(\tfrac{1}{8}b + \tfrac{5}{32}c + \&c.\right)2\,\mathfrak{cosp}.$$
$$\&c.$$

gemacht werde.

§. 932.

Dieſes geſetzt, haben wir die Integralgleichung

$$v = e^{-x:\theta} \cdot \text{Conſt.} + A\theta - B\theta.\frac{\theta \cos x - \sin x}{1+\theta\theta} - C\theta.\frac{\cos 2x + 2\theta.\sin 2x}{1+4\theta\theta} - D\theta.\frac{\cos 4x + 4\theta.\sin 4x}{1+16\theta\theta} - E\theta.\frac{\cos 6x + 6\theta.\sin 6x}{1+36\theta\theta}$$

&c.

Die beſtändige Größe wird ſo beſtimmt, daß v einerley Werth erhalte, man mag $x = 0$ oder $x = 2\pi$ ſetzen. Denn nach Verlauf eines Jahres kehren eben die Abwechslungen der Wärme wieder. Man ſetzt ſie demnach ſchlechthin $= 0$, und ſo fällt der Exponentialausdruck aus der Gleichung weg. Er dient auch in der That nur, ſo lange der Beharrungsſtand noch nicht da iſt.

§. 633.

Die Gleichung iſt demnach

$$v = A\theta + B\theta.\frac{\theta\cos x - \sin x}{1+\theta\theta} - C\theta.\frac{\cos 2x + 2\theta\sin 2x}{1+4\theta\theta} + \text{&c.}$$

Hiebey iſt nun die Erkältungs-Subtangente θ dergeſtalt zu beſtimmen, daß in dem gemäßigten Erdgürtel die größte und kleinſte Jahreswärme etwa 5 Wochen nach den Solſtitialtagen eintreffe. Ich habe gefunden, daß man zu dieſem Ende füglich $\theta = \frac{3}{4}$ ſetzen kann.

§. 634.

Für die Polhöhe $p = 45°$ iſt nun (§. 600.)

$a = 0,$
$b = \frac{1}{6}\sin\lambda^4 = 0,0059323$
$c = \frac{1}{5}\sin\lambda^6 = 0,0011294$
$d = \frac{13}{840}\sin\lambda^8 = 0,0001080$
$e = \frac{5}{1152}\sin\lambda^{10} = 0,0000395$
$f = \frac{61}{17280}\sin\lambda^{12} = 0,0000076$
&c.

Digitized by Google

Und dann ferner (§. 631.)

$$A = 1{,}4168591$$
$$B = 0{,}8847896$$
$$C = 0{,}0036064$$
$$D = 0{,}0010104$$
$$E = 0{,}0000528$$
$$F = 0{,}0000027$$
$$G = 0{,}0000001$$

Und endlich

$$\begin{aligned} v = {} & 1{,}0626443 \\ & + 0{,}4246990 \int x - 0{,}3185234 \cos x \\ & - 0{,}0012484 \int 2x - 0{,}0008322 \cos 2x \\ & + 0{,}0002273 \int 4x + 0{,}0000758 \cos 4x \\ & - 0{,}0000084 \int 6x - 0{,}0000019 \cos 6x \\ & + 0{,}0000003 \int 8x \end{aligned}$$

§. 635.

Für den Wendekreis findet man eben so

$$\begin{aligned} v = {} & 1{,}3308431 \\ & + 0{,}2392332 . \int x - 0{,}1794249 . \cos x \\ & + 0{,}0104761 . \int 2x + 0{,}0069841 . \cos 2x \\ & - 0{,}0000217 . \int 4x - 0{,}0000072 . \cos 4x \\ & + 0{,}0000001 . \int 6x . \end{aligned}$$

§. 636.

Für den Aequator ist ebenfalls

$$\begin{aligned} v = {} & 1{,}4215283 + 0{,}0392419 . \int 2x + 0{,}0261613 . \cos 2x \\ & - 0{,}0020079 . \int 4x - 0{,}0006693 . \cos 4x \\ & + 0{,}0000306 . \int 6x + 0{,}0000068 . \cos 6x \\ & - 0{,}0000006 . \int 8x - 0{,}0000001 . \cos 8x \end{aligned}$$

§. 637.

Diese Art zu rechnen, geht nun für alle Polhöhen bis zum Polarcircul von statten. Nur werden die Reihen für die Polhöhen, die über 45^0 sind, weniger convergirend. Für die Oerter aber, die noch näher beym Pole sind, gibt es im Winter Tage, da die Sonne gar nicht aufgeht. Während der Zeit erkältet die Erde bloß logarithmisch. Die Rechnung zerfällt demnach in zween Theile, wovon der eine die Zeit begreift, während welcher die Sonne daselbst aufgeht, der andere aber diejenige, während welcher die Sonne beständig unter dem Horizonte bleibt. Ich werde dieses durch die Berechnung der Wärme unter dem Pole selbst erläu-

Digitized by Google

erläutern, um so mehr, da sie ohne Beyhülfe der unendlichen Reihen gemacht werden kann.

§. 638.

Unter dem Pol ist die tägliche Sonnenwärme schlechthin nur

$$q = 2\pi . \sin\delta = 2\pi . \int\lambda . \int x.$$

Demnach

$$v = e^{-x:\theta} . \int e^{x:\theta} . \int\lambda$$

$$v = 2\pi \int\lambda . e^{-x:\theta} \int e^{x:\theta} \int x . dx + 2\pi \int\lambda . e^{-x:\theta} . M,$$

wo M, die nach der Integration zu addirende beständige Größe ist. Die Integration gibt

$$v = \frac{2\pi \int\lambda . \theta}{1+\theta\theta}\left[\int x - \theta \cos x + M . e^{-x:\theta}\right]$$

§. 639.

Es sey nun A die zu Ende des Winters noch übrige Sonnenwärme, so wird $v = A$, wenn $x = 0$ ist. Dadurch erhält man

$$M = \theta - \frac{A(1+\theta\theta)}{2\pi\theta . \sin\lambda}$$

§. 640.

Ferner sey B die Wärme zu Ende des Sommers; so ist $v = B$, wenn $x = \pi$ ist. Und dieses gibt

$$B = \frac{2\pi \int\lambda . \theta}{1+\theta\theta}\left[\theta + M . e^{-\pi:\theta}\right]$$

oder

$$B = \frac{2\pi \int\lambda . \theta\theta}{1+\theta\theta} + \left(\frac{2\pi \int\lambda\theta\theta}{1+\theta\theta} - A\right) . e^{-\pi:\theta}$$

Diese Wärme B nimmt den Winter durch logarithmisch ab, so daß sie zu Ende des Winters wiederum $= A$ wird. Daher haben wir

$$B . e^{-\pi:\theta} = A$$

demnach

$$\frac{2\pi \int\lambda . \theta}{1+\theta\theta}\left[\theta + M . e^{-\pi:\theta}\right] . e^{-\pi:\theta} = \frac{2\pi . \int\lambda . \theta}{1+\theta\theta}\left[-\theta + M\right]$$

Digitized by Google

woraus

$$M = \frac{\theta}{1 - e^{-\pi : \theta}}$$

folgt.

§. 641.

Daraus ergibt sich nun für den Sommer oder für die Zeit von o ♈ bis o ♎

$$v = \frac{2\pi\theta . \int\lambda}{1 + \theta\theta}\left[\int x - \theta . \cos x + \theta . e^{-x:\theta} : (1 - e^{-\pi:\theta})\right]$$

Und wenn $\theta = \frac{2}{3}$ gesetzt wird

$$v = 1{,}2012577 . \int x - 0{,}9009433 . \cos x + 0{,}9148163 . e^{-4x:3}$$

§. 642.

Hieraus folgt sodann für o ♎, $x = \pi$, und

$$v = 0{,}9148161.$$

Und dann den Winter über für jede Zeit $x - \pi$, wenn nemlich x immer von o ♈ gezählt wird

$$v = 0{,}9148161 . e^{-4(x-\pi):3}.$$

§. 643.

Für den Polarcirkul finde ich für die Zeit von o ♈ bis o ♋

$$\begin{aligned} v = &- 0{,}3507323 . x . \int x - 0{,}2630492 . x . \cos x + 0{,}0507468 . e^{-4x:3} \\ &+ 0{,}7583909 . \int x + 0{,}2141517 . \cos x \\ &+ 0{,}0044732 . \int 3x + 0{,}0019881 . \cos 3x \\ &- 0{,}0000650 . \int 5x - 0{,}0000173 . \cos 5x \\ &+ 0{,}0000001 . \int 7x + 0{,}0000004 . \cos 7x \end{aligned}$$

Ferner für die Zeit von o ♋ bis o ♎, wenn $x - \frac{1}{2}\pi = \xi$ gesetzt, und demnach ξ von ♋ an gezählt wird.

$$\begin{aligned} v = &- 0{,}2630492 . \xi . \int\xi - 0{,}3507323 . \xi . \cos\xi + 0{,}4120958 . e^{-4\xi:3} \\ &+ 1{,}4537421 . \int\xi + 0{,}8943961 . \cos\xi \\ &- 0{,}0019881 . \int 3\xi + 0{,}0044732 . \cos 3\xi \\ &- 0{,}0000173 . \int 5\xi + 0{,}0000650 . \cos 5\xi \\ &- 0{,}0000001 . \int 7\xi + 0{,}0000004 . \cos 7\xi \end{aligned}$$

Digitized by Google

Und endlich, wenn $x - \pi = \psi$ gesetzt, und demnach ψ von o ♑ an gezählt wird, ist für die Zeit von o ♑ bis o ♋

$$v = -0{,}1630492.\psi.\sin\psi - 0{,}3507323\,\psi\cos\psi + 0{,}4120958.\,e^{-4\psi:3}$$
$$+0{,}6273484.\sin 1\psi - 0{,}2074619.\cos 1\psi$$
$$-0{,}0019881.\sin 3\psi + 0{,}0044732.\cos 3\psi$$
$$-0{,}0000173.\sin 5\psi + 0{,}0000650.\cos 5\psi$$
$$-0{,}0000001.\sin 7\psi + 0{,}0000004.\cos 7\psi$$

§. 644.

Nach diesen Formeln erhält man nun folgende Werthe der Wärme v

☉	Aequator.	Wendekreis.	45°. Polhöhe.	Polarcircul.	Pol.
♈. 0	1, 4470270	1, 1583951	0, 7333617	0, 2668694	0, 0138730
♉. 15	1, 4614089	1, 3836172	1, 1364054	0, 7587306	0, 5333814
♊. 0	1, 394 908	1, 5530852	1, 4882532	1, 3110305	1, 3139125
♌. 15	1, 3829646	1, 6164102	1, 5893468	1, 4595261	1, 5260133
♎. 0	1, 4470270	1, 5172449	1, 3804103	1, 0932814	0, 9148161
♏. 15	1, 4614089	1, 2990356	0, 9844194	0, 5612284	0, 3210271
♑. 0	1, 394 908	1, 0846186	0, 6388552	0, 2091726	0, 1126548
♒. 15	1, 3829646	1, 0243382	0, 5382702	0, 0960450	0, 0395320
♈. 0	1, 4470270	1, 1583951	0, 7333617	0, 2668694	0, 0138730

§. 645.

Nach den Zahlen dieser Tafel, so wie auch nach andern nachgehends berechneten, habe ich nun die 35ste Figur gezeichnet, welche demnach die jährliche Veränderung der Wärme unter den Polhöhen mit einem Anblicke übersehen läßt. Der Maasstab dazu ist noch auf eine doppelte Art unbestimmt, und muß mittelst wirklicher Erfahrungen kenntlich gemacht werden. Denn erstlich ist die Wärmkraft der Sonne in Graden des Thermometers zu bestimmen, und eben so muß auch noch erörtert werden, wie groß die mittlere Grundwärme ist. Aus Vergleichung von mehrern Beobachtungen ist es mir wenigstens vorgekommen, daß die in der Figur voranstehenden Fahrenheitschen Grade eben nicht viel fehlen werden. Die Sommerwärme fällt aller Orten zwischen den 84sten und 96sten Grad. Und dieses ist auch, was dem Mittelschlage nach die Beobachtungen aus allen Ländern angeben. Nur verstehe ich dadurch nicht solche Sommer, wo zuweilen mitten in den Hundstagen das Thermometer unter dem temperirten steht. Das ist keine Sommerwärme im eigentlichen Verstande. Die Winterkälte fängt unter dem 36sten Grad der Polhöhe an, bis zum Frierpunct zu reichen. Es ist dieses der Parallel-

35. Figur.

kreis von Gibraltar, Maltha, Candia, Rhodus, Aleppo, Japon, Carolina ꝛc. Ich nenne hier lauter Oerter, die wenig über der Meeresfläche erhöht sind, weil es an höher gelegenen Oertern überhaupt kälter ist. (§. 421.) Unter den hier genannten Oertern möchte der Winter an den erstern eher gelinder seyn, aber in Carolina ist er, allen Nachrichten zufolge, ungleich strenger. Es ist hier genug, wenn die Bestimmung von dem wahren Mittel nicht merklich abweichet. Der Grad 0 für die Winterkälte geht durch den 56sten Grad der Breite, und demnach durch Edinburg, Aarhuus, Memel, Kamschatka, die Hudsonsbay ꝛc. An den zwey ersten dieser Oerter ist der Winter selten so strenge, desto mehr aber an den letztern. Und so hält die Bestimmung ziemlich das Mittel. Dieses Mittel ist nun eigentlich, was ich mir hier zu berechnen vorgesetzt habe, und wozu die Fahrenheitsche Stuffenleiter in der Figur eingerichtet ist. Da sie aber sehr von den Umständen des Ortes abhängt, wo man beobachtet, so muß freylich in der Anwendung auf besondere Fälle eine oft nicht geringe Aenderung vorgenommen werden. Man erhält z. E. oft über doppelt weniger Grade, wenn man für jeden Monat warme und kalte Tage durch einander rechnet, und daher nicht bloß auf die Wirkung der Sonne, sondern auf alle zufällige Ursachen Rücksicht nimmt. Dieses macht, daß die der Figur beygezeichnete Stuffenleiter für den bewohntern Theil von Europa nicht ein solches Mittel angibt, sondern den äußersten Graden sehr nahe kömmt.

§. 646.

Man sieht ferner aus der Figur, was man in der mathematischen Geographie von allen Zeiten her gesagt hat, daß nemlich unter dem Aequator das Jahr durch zweymal Sommer und zweymal Winter ist. Nur sind diese Winter daselbst von den Sommern sehr wenig verschieden. Die französischen Academiker haben auch ausdrücklich angemerkt, daß in Peru die täglichen Veränderungen des Thermometers ordentlich größer als die jährlichen sind. Man sieht aus der Figur, daß letztere nur etwa 6 Fahrenheitsche oder $2\frac{1}{2}$ Reaumursche Grade betragen. Hingegen folgt aus (§. 618 624.), daß unter dem Aequator die tägliche Veränderung der Wärme, dem Mittelschlage nach $7\frac{1}{2}$ Reaumursche oder 17 Fahrenheitsche Grade betragen könne.

§. 647.

Ferner zeigt die Figur, daß vom Wendekreise bis zum Pole die größte Sommerwärme gegen das Ende des Heumonats eintrift. Dazu hatte ich nun für die Mitte der gemäßigten Zone die Subtangente $\theta = \frac{3}{4}$ gesetzt. (§. 633) Man sieht zugleich auch, daß die Sommerwärme unter dem Pole zwar etwas größer als unter dem Polarkreise, und selbst auch größer als unter dem Aequator ist, dabey aber von der Sommerwärme des südlichen Theiles der gemäßigten Zone übertroffen wird. Dieses bestimmt nun näher, was es mit dem, was Halley suchte, (§. 595.) für eine Bewandtniß hat.

§. 648.

Die gröſte Winterkälte in der gemäſsigten Zone fällt auf das Ende des Jenners. In den beyden andern Zonen kann dieſes nicht ſtatt finden. Denn in dem heiſsen Erdgürtel hat man jährlich zween Winter. Man ſieht aber aus der Figur, daſs unter der Breite von 11°. 44′ oder mitten zwiſchen dem Aequator und dem Wendekreiſe, der eine Winter die Fortſetzung des erſten Sommers iſt. In der kalten Zone fällt die gröſte Kälte nothwendig erſt nach dem Tage ein, da die Sonne wieder anfängt über den Horizont empor zu kommen. Demnach kann ſie unter dem Pole erſt gegen das Ende des Merzen eintreffen. Deſſen unerachtet zeigt die Figur, daſs ſie unter dem Polarkreiſe wenig geringer als unter dem Pole ſelbſt iſt, und der Unterſchied etwa 5 Fahrenheitſche Grade beträgt.

§. 649.

Die gröſte Wärme unter dem Wendekreiſe fällt auf den 96ſten Grad, und die gröſte Kälte unter dem Pole auf — 18 Gr. Dieſen Graden entſprechen in der vorſtehenden Tafel (§. 644.) Die Zahlen

	1, 6164	′	″	‴	+ 96 Gr.
	0, 0139	′	″	‴	— 18 Gr.
Unterſchied	1, 6025	′	″	‴	114 Gr.

Alſo liegt in der Tafel eine Einheit zum Grunde, welche 71 Fahrenheitſche oder 31½ Reaumurſche Grade oder 146 Grade des Luftthermometers, demnach ungefähr den 7ten Theil der abſoluten Wärme beträgt. Es geben nun aber die Zahlen der Tafel, die von der Sonne herrührende Wärme an. Damit fällt 0 auf den — 19ten Fahrenheitſchen Grad, den man folglich als den Grad der mittlern Grundwärme anſehen kann. Es zeigt ſich alſo, daſs unter dem Pol zu Ende des Winters oder des Merzen kaum mehr als die Grundwärme übrig bleibt. Da die Nacht daſelbſt ein halbes Jahr dauert, ſo hat freylich der Boden Zeit genug, alle von der Sonne erlangte Wärme wieder zu verlieren.

§. 650.

Um die Art, wie ſich die Sonnenwärme und Winterkälte nach den verſchiedenen Polhöhen ändert, beſſer anzugeben, habe ich die 36ſte Figur gezeich- Figur 36.
net, wo die Abſciſſen die Grade der Polhöhe, die Ordinaten aber die Grade der Sommerwärme und Winterkälte vorſtellen. Mitten zwiſchen beyden krummen Linien geht noch eine punctirte, welche für jede Polhöhe das Mittel zwiſchen der Sommerwärme und Winterkälte angibt. Dieſes Mittel iſt aller Orten über dem Frierpunct, und in der kalten Zone faſt durchaus gleich, jedoch unterm Pol, um etwas weniges gröſser als zwiſchen dem 70ſten und 80ſten Grad der Breite. So weit dieſes Mittel über dem — 19ten Grad des Fahrenheitſchen Thermometers

ist, (§. 649.) zeigt es den beständigen Theil der Sonnenwärme an. Will man demnach diesen mit zur Grundwärme rechnen, so wird die gesammte Grundwärme durch die Ordinaten der punctirten Linie vorgestellt. Die größte Sommerwärme trift auf den 33sten oder 34sten Grad der Breite, und dann auf den Pol. Denn man sieht, daß die Linie ein doppeltes Maximum und so auch ein doppeltes Minimum hat. Die geringste Sommerwärme ist unter dem Aquator und dann auch beym Polarcircul. Die Winterkälte nimmt hingegen in einem fort ab. Ich muß aber doch zu besserer Aufklärung sagen, daß ich diese Linien, mittelst derer von der 34sten Figur gezeichnet habe. Es wird daher von den zween Wintern, die jährlich in der heißen Zone statt haben, hier eigentlich der kältere verstanden, wo nemlich die Sonne am weitesten vom Scheitelpunct entfernt ist. Denn unter dem Wendekreise hat dieser allein statt. Und unter dem Aequator sind beyde gleich. Der weniger kalte nähert sich demnach der größten Sommerwärme destomehr, je mehr man vom Aequator näher gegen den Wendekreis fortrückt. Die Sonne ersetzt durch die längern Tage, was sie wegen der geringern Mittagshöhe nicht geben kann.

Fünftes Hauptstück.

Einige Anmerkungen.

§. 651.

Mit der in beyden vorhergehenden Hauptstücken vorgetragenen Theorie haben sich nach Halley mehrere beschäftige. Wolf sahe in seiner Abhandlung vom kalten Winter 1709, ganz wohl ein, daß Halley einen guten Anfang gemacht hatte. Er fand aber zum Weitergehen so viele Schwierigkeiten, daß er es lieber ganz unterließ. Mairan glaubte in den Pariser Memoires 1719. weiter gehen zu können, und zwar mit einem solchen Anschein von Genauigkeit, daß er so gar die Stralenbrechung mit in die Rechnung zieht, und die Schwächung des Sonnenlichtes durch die Luft ebenfalls minimmt. Dann nimmt er statt aller Sonnenhöhen, die vom Mittage, und statt ihres Sinus das Quadrat desselben. Dieses, wegen der Refraction und Schwächung des Lichtes durch die Luft reducirt, multiplicirt er durch die Tageslänge, und dividirt was herauskömmt durch die Nachtlänge, und so soll der Quotient der Sonnenwärme proportional seyn. Auf diese Art findet er für die Polhöhe von Paris die Sonnenwärme für ☉ ♑ 66mal größer als für ☉ ♐, und letztere setzt er dem $\frac{1}{37}$sten Theil der Grundwärme gleich. Eigentlich dividirt Mairan nicht durch die Nachtlänge, sondern er multiplicirt die Tageslänge von ☉ ♑ mit der Nachtlänge von ☉ ♐, und hinwiederum die Tageslänge von ☉ ♐ mit der Nachtlänge von ☉ ♑. Dieses hat aber keinen Verstand.

Digitized by Google

Denn was soll eine Winternacht mit einem Sommertag oder eine Sommernacht mit einem Wintertag? Sie haben außer der gleichen Länge weiter nichts gemein. Mairan kehrt, wenn er die Sommernacht für den Sommer, und die Winternacht für den Winter will verstanden wissen, das Verhältniß um, und so ist es eben so viel, als wenn er wirklich dividirte. Vielleicht kam ihm in Sinn, daß beym Dividiren unter dem Polarcircul die Wärme für $o \mathfrak{S}$ unendlich groß, und die für $o \mathfrak{Z} = o$ würde herauskommen. Und da ist ersteres zu sehr anstößig. Das Quadrat des Sinus der Sonnenhöhe hat hier keine Bedeutung. Es kömmt bloß auf die Menge und Dichtigkeit der Sonnenstralen, nicht aber auf den Stos gegen eine ebene Fläche an. Nicht die Feuertheilchen so anstoßen und daher nothwendig wieder zurückprallen, sondern die, welche nicht an der Fläche anstoßen, sondern in den zu erwärmenden Körper hineingehen, vermehren die Anzahl der Feuertheilchen oder die Wärme desselben. Dieses ist der Grund, warum schwarze Körper an der Sonne wärmer werden als weiße. (§ 280.) Den Sinus der Mittags-Sonnenhöhe, oder auch, wenn es doch seyn sollte, dessen Quadrat mit der Tageslänge multipliciren, das würde allenfalls angehen, wenn die Sonne den ganzen Tag über gleiche Höhe hätte. Das Product durch die Nachtlänge dividiren, hat gar keinen Verstand. Jedoch, es ist unnöthig, mich hieben länger aufzuhalten. Ich mußte es wenigstens anführen, um zu sagen, daß Mairans Verfahren mir nicht unbekannt war, und daß ich davon nichts habe gebrauchen können.

§. 652.

Eben so gienge mir mit Eulers Versuche in den Comment. Acad. Petrop. T. XI. 1739, wo erstlich vermuthet wird, daß da der Sinus der Sonnenhöhe die Nacht über negativ wird, dieses das Maaß der nächtlichen Erkältung vorstellen dürfte, Diese Vermuthung wird aber bald verworfen, weil die Kälte um Mitternacht am größten seyn müßte, da sie es doch offenbar bey Aufgange der Sonne ist. Bald darauf wird diese Vermuthung wenigstens als eine Hypothese, deren Fehler bekannt ist, und deren Verbesserung nachgeholt werden kann, wieder vorgenommen, und dann nach langen Rechnungen wieder verworfen, weil aus diesen Rechnungen folgen würde, die größte Kälte auf dem Erdboden müßte in den Mitternachtsstunden unter dem Aequator seyn ꝛc.

§. 653.

Was nun Mairan und Euler durch lange Schlüsse und Rechnungen nicht erhalten konnten, das suchte Mayer, der Verbesserer der Mondstafeln, durch bloßes Schätzen zu erhalten, und zwar mit ziemlichem Erfolge. Seine Schrift, womit der 1ste Band seiner Opp. inedit anfängt, ist eine Probe, daß ein wenig Beurtheilungskraft oft weiter als die verwickeltesten Rechnungen reichet. Mayer drückt also, mehr in Form eines Beyspiels als nach genauen Beobachtungen, den mittlern Grad der Wärme für jede Polhöhe p, nach dem Reaumurischen Thermo-

meter durch $12 + 12 \cos 2p$
aus. Dieſer Grad ſoll nun eigentlich der ſeyn, den die Ordinaten der punctirten krummen Linie in der 35ſten Figur vorſtellen. Wenn dieſe Linie genau eine Sinuslinie wäre, ſo würde Mayer die Sache getroffen haben, und es würden nur die Coefficienten einiger Verbeſſerung bedürfen. Der Unterſchied iſt übrigens in der That geringe. Man ſieht leicht, daß Mayer Rückſicht darauf genommen, daß die mittlere Wärme unter dem Aequator ein Maximum unter dem Pole aber ein Minimum ſeyn müſſe. Dieſer Bedingung leiſtet er durch ſeinen Ausdruck $12 + 12 \cos 2p$. Genüge. Das iſt aber freylich nicht genug, weil viel allgemeinere Ausdruck

$$a + b \cos 2\varphi + c \cos 4\varphi + \&c.$$

es auch thut.

§. 654.

Der mittlere Grad der Wärme fällt geringer aus, wenn ein Ort über der Meeresfläche erhöht iſt. Mayer rechnet auf 600 Pariſer Fuß oder 100 Lachter einen Reaumurſchen Grad. Hieran iſt nach (§. 421.) nur darinn gefehlt, daß die Wärme nicht nach arithmetiſcher Progreſſion, ſondern immer langſamer abnimmt.

§. 655.

Ferner ſetzt Mayer, die größte Sommerwärme und Winterkälte treffe unter größern Polhöhen ſpäter nach den Tagen der Sonnenwenden ein. Er gibt davon eine Tafel, die ſo ziemlich nach der Formel $(28 - 28 \cdot \cos 2p$ Tage) berechnet iſt. Dieſes iſt nun aber nicht ſehr richtig. Mayer beſann ſich nicht, daß unter dem Aequator nicht die größte, ſondern die geringſte Wärme auf die Sonnenwende folgt, und daß unter dem Pol die größte Kälte auf das Ende des Merzen, demnach über 90 Tage nach o ♈ eintrift.

§. 656.

Die halbe jährliche Veränderung ſtellt Mayer in einer Tafel vor, die nach $13 \cdot \sin p$ berechnet zu ſeyn ſcheint. Unter dem Aequator müßte ſie alſo $= 0$ ſeyn, welches doch nicht iſt. (§. 646.) Unter dem Pol iſt ſie gewiß größer als 12 Reaumurſche Grade. Denn ſelbſt in Deutſchland wird ſie nicht geringer ſeyn, wo die äußerſten Grade von -18 bis $+27$ gehen, und folglich die größte Veränderung 45 Grade beträgt.

§. 657.

Die jährliche Veränderung läßt Mayer überhaupt nach $2 \sin x$ fortgehen, ſo daß er die Grade x von dem Tage anrechnet, der 3 Monat auf den Tag der größten Kälte folgt. Dieſe Regel hat die vorhin (§. 656.) angezeigten Ausnahmen. Unter dem Aequator müßte eher von $\cos x$ als von $\sin x$ die Rede ſeyn, weil daſelbſt zween Winter und zween Sommer ſind. (§. 636.)

Endlich

§. 658.

Endlich ſetzt Mayer die tägliche Veränderung auf 8 Grade, die gröſte Tageswärme auf 2, 3 bis 4 Uhr Nachmittag, die kleinſte beym Aufgange der Sonne, und proportionirt das übrige ſtundenweiſe nach Verſchiedenheit der Tagelänge, ſo gut es angehen konnte. Er bedauert den Mangel von Beobachtungen, die ihm freylich mehr und beſtimmtere Kenntniſſe würden an die Hand gegeben haben. Seine Abhandlung iſt auch eigentlich nur eine Anleitung, wie man gute Beobachtungen mit einer zwar noch unvollſtändigen, aber eben nicht ganz fehlſchlagenden Theorie vergleichen, und beyde nach und nach verbeſſern könne. So, ſagt Mayer, haben es von je her die Aſtronomen gemacht. Sie nahmen erſt den bloßen Schein an, und nach und nach klärte ſich ihnen das Wahre auf.

Sechstes Hauptſtück.

Anwendung der Theorie auf Beobachtungen.

§. 659.

Ueber die bey der Berechnung der jährlichen Wärme gebrauchte Differential-Formel (§. 630.) laſſen ſich nun eben die Anmerkungen machen, die ich kurz zuvor (§. 626. 627.) über die von der täglichen Erwärmung gemacht habe. Der Coefficient n (§. 626.) wird bey beyden nothwendig, und die Erkältungs-Subtangente β leider ſo, wie γ (§. 627.) einige Veränderung, wenn man auf den Unterſchied ſieht, daß nicht jeder Boden die Sonnenwärme mit gleicher Leichtigkeit annimmt oder wieder verlieret. Da nun eine ſolche Aenderung, wo ſie nöthig iſt, ebenfalls eine Aenderung der Coefficienten in den Integralgleichungen nach ſich zieht, ſo wird es genug ſeyn, wenn wir nur die allgemeine Form davon

$$v = A + B.\int x + b\cos x + C.\int 2x + c\cos 2x + \&c.$$

beybehalten, und dieſe Reihen als ſehr ſchnell convergirend anſehen, (§. 634—636.) ſo daß kaum mehr Glieder als die hier angezeigten nöthig ſind.

§. 660.

Dieſer Ausdruck verwandelt ſich ohne Mühe in einen andern von folgender Form

$$v = A + B.\sin(x + \delta) + \gamma.\sin(2x + \varepsilon)$$

welcher zum Gebrauche bequemer iſt.

Digitized by Google

§. 661.

Als ich 1758 die 11jährigen Doppelmayerſchen Wetterbeobachtungen vornahm, um die barometriſchen Veränderungen mit dem Mondlaufe zu vergleichen, zeichnete ich mir zugleich die größten und kleinſten monatlichen Grade des Thermometers aus. Doppelmayer ſagt, daß es ein Fahrenheitſches ſey. Aus den Graden ſelbſt aber läßt es ſich ſchließen, daß es nach der älteſten Fahrenheitſchen Art (§. 111.) eingetheilt geweſen ſeyn muß. Die Beobachtungen ſind zu Nürnberg angeſtellt, und folgende:

Größte monatliche Grade.

	Januar.	Febr.	Marz	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1732	— 16	— 1	12	27	44	39	50	43	42	23	15	— 17
1733	— 7	— 1	2	25	36	40	51	44	37	19	4	4
1734	2	6	8	20	34	37	42	40	48	23	— 5	— 15
1735	— 8	— 7	10	31	29	42	53	40	42	29	— 2	2
1736	— 16	— 9	7	26	36	40	51	53	38	18	5	— 10
1737	— 5	— 7	4	15	35	44	53	41	43	20	— 1	— 11
1738	— 15	— 11	0	26	40	49	39	53	32	27	0	0
1739	— 9	8	12	6	55	45	55	40	40	18	—12	— 5
1740	— 23	— 28	—10	13	32	37	47	44	48	18	0	5
1741	— 7	+ 2	0	18	32	35	50	47	34	28	16	— 7
1742	— 8	— 5	— 3	4	18	48	53	43	35	14	— 1	— 17
Mittel	— 10, 2	— 4, 8	3, 8	19, 2	35, 5	41, 5	49, 5	44, 4	39, 9	21, 5	1, 7	— 6, 5

Kleinſte monatliche Grade.

1732	— 43	— 34	— 3	2	7	11	19	25	13	0	—17	— 52
1733	— 19	— 25	—17	— 7	4	17	32	25	2	— 6	—16	— 23
1734	— 34	— 34	—14	1	6	22	24	25	10	— 1	—31	— 41
1735	— 24	— 29	—12	—13	6	18	23	22	18	— 8	—22	— 33
1736	— 45	— 26	—25	— 1	3	20	19	24	6	— 2	—29	— 23
1737	— 24	— 27	—11	— 6	13	16	24	18	17	— 7	—20	— 30
1738	— 45	— 36	—16	— 1	—4	20	24	24	18	— 3	—34	— 34
1739	— 34	— 13	—11	— 4	4	18	28	24	11	—12	—33	— 23
1740	— 58	— 51	—32	—17	—3	13	21	25	21	—16	—26	— 42
1741	— 34	— 19	—18	—20	—5	17	28	22	16	7	—23	— 29
1742	— 48	— 36	—28	—26	1	18	24	18	0	— 1	—17	— 54
Mittel	—37, 1	—30,0	17, 0	8, 4	2, 9	17, 3	24, 2	22, 9	12, 0	—4,5	24, 4	—34,9

Das Mittel aus allen.

—23, 6	—17, 4	--6,6	5, 4	19, 2	29, 4	36, 9	33, 6	26, 0	8, 5	-11,3	--20, 7

und für das ganze Jahr + 6, 6.

§. 662.

Nach dieſen Zahlen habe ich die 37ſte Figur gezeichnet. Die beyden äuſ- 37. Figur.
ſerſten krummen Linien geben die äuſerſten während den 11 Jahren beobachteten Grade an. Sie ſind nicht ganz regulär. Es iſt aber auch nicht vermuthlich, daß in den 11 Jahren, und in jedem Monate die wahren äuſerſten Grade, wenigſtens einmal ſtatt gefunden haben. Die beyden andern Linien zeigen das Mittel aus den gröſten und kleinſten Graden, und haben ſchon merklich mehr Regularität. Doch mußte ich, um ſie regulär zu machen, einigemale neben den Punkten vorbeyziehen. Die mittelſte Linie gibt das Mittel aus den ſämmtlichen Graden vorſtehender Tafel an, und geht ſehr ordentlich durch alle Puncte. Die Monate ſind ſo, wie die Ordinaten für die Mitte eines jeden Monats zu verſtehen. Ich finde nun, daß, wenn die Ordinaten vom 15ten Merz an gezählt und durch φ Grade vorgeſtellt werden, die Natur der mittlern Linie ſehr genau durch

$$v = 8{,}5 + 31{,}3 \cdot \sin(\varphi - 32°.\,14') + 2{,}8 \cdot \sin(2\varphi - 62°.\,0')$$

vorgeſtellt wird. Eine Gleichung, welche die der Theorie gemäße Form hat. (§. 660.) Hier iſt die Vergleichung

Monat.	Rechnung.	Beobacht.	Monat.	Rechnung.	Beobacht.
Januar.	−24, 3	−23, 6	Jul.	+37, 9	+ 36, 9
Februar.	−19, 2	−17, 4	Aug.	+35, 8	+ 33, 6
Merz.	− 7, 3	− 6, 6	Sept.	+26, 1	+ 26, 0
April.	+ 5, 8	+ 5, 4	Oct.	+ 8, 2	+ 8, 5
May.	+20, 0	+19, 2	Nov.	− 9, 0	− 11, 3
Jun.	+30, 7	+29, 4	Dec.	−21, 9	− 20, 7

Man nehme mit, daß der lange und kalte Winter 1740 mit unter den 11 Jahren vorkömmt, welcher ſchon im October anfieng, ſo wird man einigermaaßen begreifen, daß ungeachtet die Rechnung für den Dec. Jan. Febr. und Merz mehr Kälte angibt, ſie dennoch für den Nov. zurück bleibt. Sie hält alſo dennoch das Mittel. Nach der Gleichung fällt die gröſte Wärme auf den 21ſten oder 22ſten Jul. Demnach 4 Wochen nach ☌.

§. 663.

Folgende Beſtimmungen für alle Tage des Jahres ſind das Mittel aus den 40jährigen Beobachtungen des Marcheſe Polem (§. 80.) zu Padua, von Hrn. Toaldo in Reaumurſche Grade verwandelt.

Mittlere Nachmittagswärme zu Padua.

	Jan.	Febr	Mart	April	May	Juny	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec
1	3,7	4,3	7,5	0,2	14,5	18,8	20,9	21,8	20,7	17,3	11,6	6,7
2	4,2	4,3	7,5	0,6	14,7	18,6	21,1	21,7	20,6	17,1	11,7	6,4
3	4,1	4,2	7,6	10,9	14,9	18,7	21,0	21,7	20,2	17,1	11,0	6,4
4	4,1	4,2	7,8	11,3	15,2	18,8	21,0	21,7	19,6	16,4	10,9	6,3
5	3,6	4,6	8,0	12,0	15,3	18,7	21,1	21,9	20,1	16,4	11,2	6,0
6	3,5	4,6	8,2	11,4	15,3	18,9	21,1	21,7	20,1	16,2	10,6	6,0
7	3,7	4,7	8,3	11,2	15,6	18,7	21,2	21,7	20,1	15,9	10,4	6,1
8	3,5	4,8	8,3	11,4	15,6	18,8	21,2	21,7	20,2	16,2	9,9	5,8
9	3,4	5,2	8,3	11,9	15,8	18,7	21,1	21,7	20,1	15,9	10,1	5,8
10	3,5	5,5	8,1	11,8	15,9	18,8	21,0	21,8	20,1	15,7	9,7	5,8
11	3,3	5,7	8,1	12,1	16,0	19,2	21,5	21,7	20,0	15,5	10,0	5,7
12	3,3	5,0	8,2	11,9	16,4	19,1	21,6	21,6	19,8	15,2	10,0	5,4
13	3,5	5,7	8,3	12,2	16,2	19,3	21,8	21,6	19,6	15,1	9,7	5,4
14	3,4	5,4	8,3	12,2	16,1	19,7	21,7	21,6	19,6	14,9	9,5	5,3
15	3,5	5,2	8,5	12,5	16,4	19,9	21,9	21,4	19,6	14,8	9,5	5,4
16	3,4	6,4	8,7	11,0	16,6	20,0	21,9	21,5	19,4	14,7	9,1	5,3
17	3,2	5,9	8,7	12,7	16,3	20,0	21,9	21,4	19,1	14,7	8,3	5,4
18	3,3	6,0	9,0	13,0	16,4	20,2	22,4	21,0	19,1	14,2	8,6	5,3
19	3,5	6,6	9,3	13,1	16,5	20,3	22,2	21,0	18,9	14,1	8,4	5,2
20	3,5	6,6	9,8	13,3	16,6	20,7	22,1	20,9	18,7	13,9	8,3	5,0
21	3,6	6,8	9,8	13,7	16,9	20,8	22,2	21,0	18,4	13,9	8,0	5,0
22	3,5	6,8	9,7	13,5	16,8	20,8	22,1	21,1	18,2	13,2	7,5	4,9
23	3,9	7,0	9,8	14,1	16,9	20,7	22,2	21,0	18,1	13,2	7,8	4,9
24	3,8	7,0	9,8	14,6	17,2	20,7	22,3	21,0	18,2	13,2	7,3	4,6
25	3,8	6,9	9,8	14,0	17,3	20,7	22,3	21,2	18,0	13,0	7,3	4,5
26	3,8	5,7	9,7	14,1	17,6	20,7	22,1	21,0	17,6	12,8	7,2	4,6
27	3,9	7,0	9,7	13,8	17,5	20,7	22,1	21,0	17,5	12,8	7,2	4,5
28	4,5	7,0	9,8	13,9	17,7	20,7	22,1	20,9	17,3	12,8	7,0	4,4
29	4,1	6,6	9,8	14,1	17,8	20,-	22,1	20,8	17,3	12,9	7,1	4,4
30	4,1		9,9	14,2	18,2	20,8	22,1	20,7	17,1	11,9	6,9	4,1
31	4,3		10,1		18,4		22,1	20,5		12,-		4,0

Das Thermometer hieng in einem Zimmer, das die Mittags-Sonne hatte. Dieser Umstand hat seinen besondern Einfluß auf die Grade, so das Thermome-

ter zeigt. (§. 170—176.) Die Winterkälte dringt nie so viel in die Zimmer, als sie in freyer Luft herrschet. Eine etwas anhaltende Sommerhitze, zumal bey offenen Fenstern, dringt selbst in die gegen Mitternacht liegende Zimmer hinein. Es ist aber in Italien, wegen der großen Hitze üblich, dem Sonnenlichte den Zugang in die Zimmer zu benehmen, und die Mittagsstunden mit Schlafen zuzubringen. Ich kann nun nicht sagen, ob der Marchese Polem seinem Thermometer zu gefallen, anders verfahren. Die größte Hitze in den 40 Jahren trift auf den 93sten Grad des Fahrenheitschen Thermometers, und die größte Kälte auf den 25sten. (§. 80.) Erstere könnte gar wohl größer, und letztere ebenfalls bey einem tiefern Grade seyn. Doch dieses sind besondere Umstände des Ortes, und wollen nur sagen, daß man aus der Tafel auf die Wärme und Kälte der Taroiser Mark in freyer Luft nicht so ganz unbedingt schließen könne. Da indessen das Thermometer immer an gleichem Orte blieb, so kann das Mittel aus allen Beobachtungen allerdings die Regularität haben, die es hat. Ich habe die Grade von jedem Monat addirt, und die Summe durch die Anzahl der Tage getheilt, um die mittlere Wärme eines jeden Monates zu erhalten. Diese ist folgende:

Monat.	Grad.	Monat.	Grad.
Jan.	3, 69	Jul.	21, 66
Febr.	5, 75	Aug.	21, 33
Mart.	8, 86	Sept.	19, 11
April	12, 62	Octob.	14, 63
May	16, 30	Nov.	9, 08
Jun.	19, 77	Dec.	5, 31

und der mittlere Grad vom ganzen Jahre ist 13, 17.

Nach diesen Zahlen habe ich eine krumme Linie gezeichnet, indem ich die Monate als Abscissen und die Grade als Ordinaten vorstellte. Die Linie war sehr regulär. Nur war der aufwärts gehende Theil weiter als der abwärtsgehende, und dieses scheint anzuzeigen, daß die Sommerhitze länger dauerte als die Winterkälte. Es kann aber auch seyn, daß das Thermometer der größten Sommerhitze nicht genug ausgesetzt war. So viel fand ich, daß, wenn ich die Grade nach der Formel

$$v = 13,4^{\circ} + 9,73 \cdot \mathfrak{S}\varphi - 1,25 \cdot \mathfrak{C}2\varphi$$

berechnete, wo φ vom 21sten April an in Graden gezählt wird, diese Formel mit den Graden vom October an, bis zum Julio sehr gut übereintraf, hingegen den größten Grad der Wärme, um 2 Grade größer angab, und so in dem Jul. Aug. und Sept. von den Beobachtungen stuffenweise mehr und dann immer wiederum weniger abwich.

Digitized by Google

§. 664.

Algier liegt noch mehr nach Süden unter der Breite von 36 Gr. 50 Min. Reaumur hat daſelbſt mit ſeinem Thermometer Beobachtungen anſtellen laſſen. Von der Nachmittagswärme giebt folgender Auszug einen Begriff, wo ich nur anzeige, wie vielmal das Thermometer bey, oder etwas über einem jeden Grad beobachtet worden. Daſſelbe hieng auf einem Gange Nordwärts am Schatten.

1735	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Jun.						1		4	8	9	4	4					
Jul.												21	7	3			
Aug.													9	10	5	1	
Sept.											1	15	8	5			
Oct.										1	6	16	7	1			
Nov.					1	9	3	1	6	7	3						
Dec.				5	14	12											
1736																	
Jan.		3	4	12	10	2											
Febr.	1	4	8	11	4	1											
Mart			1	5	17	5	3										
Apr.				1	5	7	10	5	2								
May						1	2	5		13	3	7					
Jun.										1	6	18	2	3			
Jul.												4	4	7	7	8	1
Aug.													1	7	14	8	1
Sept.											3	5	11	8	3		
Oct.								2	8	6	5	7	2	1			
Nov.					5	3	6	16									

Hieraus ergeben ſich für jeden Monat die mittlere Grade, denen ich diejenigen beyfüge, die, der Conſtruction zufolge, die wahren mittlern ſeyn mögen.

	1735	1736			1735	1736	
Jan.		14, 1	13, 8	Jul.	22, 6	24, 5	24, 4
Febr.		13, 6	13, 7	Aug.	23, 9	25, 0	25, 0
Merz		15, 2	15, 0	Sept.	22, 7	23, 1	23, 1
Apr.		16, 6	17, 3	Oct.	22, 0	20, 6	20, 4
May		19, 9	19, 8	Nov.	18, 2	16, 4	17, 4
Jun.	19, 8	22, 0	22, 2	Dec.	15, 2		15, 1

Da diese Beobachtungen nur von $1\frac{1}{2}$ Jahren sind, so mengen sich die zufälligen Umstände dieser Jahre zu viel mit ein, als daß das Mittel ganz zuverläßig seyn sollte.

§. 665.

Die Insel Bourbon bey Madagascar liegt unter der Polhöhe von 20 Gr. 51 Min. zwischen dem Aequator und dem südlichen Wendekreise. Die Sonne geht daselbst 2 Monate nahe beym Scheitelkreise vorbey. Dieses macht die Wärme vom Nov. bis in Febr. ziemlich gleich. Cossigny beobachtete daselbst das Reaumursche Thermometer 11 Monate durch. Folgende Tafel giebt an, wie oft es bey jedem Grade gestanden.

	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1733. Apr.				1	2	12	11	4	
May			4	7	9	10	1		
Jun.		6	10	10	4				
Jul.	1	4	18	8					
Aug.	9	15	5	1		1			
Sept		9	17	4					
Oct.	1	8	12	8					
Nov	1	1	4	6	12	6			
Dec.			1	5	9	11	3		
1734. Jan.			2	6	5	9	5	3	1
Febr.				1	3	9	8	7	

Wenn dieser Jahrgang nicht zu viel irregulär gewesen, so mögen die mittlere Grade folgende seyn.

Jan.	25,7	May	24,2	Sept.	21,8
Febr.	25,9	Jun.	22,9	Oct.	22,6
Mart.	25,8	Jul.	21,9	Nov.	23,9
Apr.	25,3	Aug.	21,5	Dec.	24,9

§. 666.

Zu Pondichery unter 11°. 55′ nördlicher Breite, hat Cossigny einen Ordensmann gefunden, der auf sein Ansuchen das Reaumursche Thermometer einige Zeit beobachtet hat. Folgende Tafel gibt an, wie oft es bey jedem Grade gestanden.

Digitized by Google

		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1736.	Sept.					4	6	7	3				
	Oct.		1	1	3	8	6	10					
	Nov.	1	9	11	3	5							
	Dec.	5	15	6									
1737.	Febr.			4	13	11							
	Merz						16	14					
	Apr.						1	8	15				
	May							1	14	15	1		
	Jun.									10	9	8	2
	Jul.							2	7	18	3		
	Aug.						4	12	8	5	1		
	Sept.					1	5	10	3	8			
	Oct.	1	4	3	3	3	8	5					
	Nov.	3	6	11	6								
	Dec.		4	10	8								
1738.	Febr.				7	11	7						
	Merz					11	19						
	Apr.						5	15	5				
	May								9	6	4	7	3
	Jun.								3	19	5		
	Jul.								5	13	12		
	Aug.					4	2	6	8	8			
	Sept.						7	5	14	1			

Die Beobachtungen vom Jenner fehlen beyde male. Doch dieser Mangel würde leicht zu ersetzen seyn, wenn die übrigen Beobachtungen wegen besonderer Umstände des Ortes nicht allzusehr von dem wahren Mittel abwichen. Man sieht aus der Tafel, daß 1737 der Junius, und 1738 der May die meiste Wärme hatte. Und doch geht die Sonne erst den 21sten Aug. das zweytemal durch den Scheitelpunct. Es sind nun aber in dortigen Gegenden die halbjährigen Winde, und die in gewissen Monaten häufigen Regen, welche eine starke Ausnahme machen können. Reaumur hätte demnach gut gethan, wenn er, nebst seinem Thermometer auch die Witterung selbst hätte aufzeichnen lassen.

§. 667.

Um nun zu sehen, worinn diese Irregularitäten bestehen, habe ich für die Polhöhe von 11°. 44′, welche die Hälfte der größten Schiefe der Ecliptic ist, die

die jährliche Sonnenwärme nach der allgemeinen Formel (§. 633.) berechnet, und finde, daß sie überhaupt

$$v = 1,42386 + 0,12220.\sin x - 0,09175.\cos x + 0,02643.\sin 2x + 0,01762.\cos 2x - 0,00018.\sin 4x - 0,00006.\cos 4x$$

ist. Daraus berechnete ich folgende Tafel:

♈	0	1, 34967	♎	0	1, 53317
♉	0	1, 43712	♏	0	1, 47382
♉	15	1, 47187	♏	15	1, 42883
♊	0	1, 49813	♐	0	1, 37821
♋	0	1, 52838	♑	0	1, 28404
♌	0	1, 54267	♒	0	1, 24031
♌	15	1, 54877	♒	15	1, 24621
♍	0	1, 55050	♓	0	1, 26938

Also müßte die größte Hitze auf das Ende des Augustus, und die geringste auf das Ende des Jenners fallen. Nach den Beobachtungen aber müßte dafür die Mitte des Junius und des Decembers angenommen werden. Also wäre die Witterung im Sommer um 2 Monat, und im Winter um 1 Monat früher als sie ohne die vorerwähnten Winde und Regen seyn würde. Nach der auf der achten zum 180 §. gehörigen Kupfertafel angebrachten Fahrenheitschen Stuffenleiter, und der Rechnung zufolge, würde die

Sommerhitze : : 90½ Gr.
Winterkälte : : 68 —

seyn. Diese treffen mit dem Reaumurschen 28sten und 16, 7ten Grade überein. Die Beobachtungen geben beyde um 4 bis 5 Grade größer an. Ob dies aus eben dem Grunde ist, aus welchem in Syrien 50, und im Senegal 39 Gr. gefunden worden, (§. 132.) das mag hier dahin gestellt bleiben. In dem heißen Erdstriche sind die jährlichen Veränderungen der Wärme geringe. Um destomehr können die besondern Umstände des Ortes denselben andere Bestimmungen geben.

§. 668.

In den Nordländern sind die jährlichen Veränderungen am größten, zugleich aber auch von einem Jahre zum andern am meisten verschieden. Dies machet, daß man das Mittel aus sehr vielen Jahren nehmen muß, wenn man das, was in den jährlichen Veränderungen der Wärme beständig ist, von dem Zufälligen absondern und es besonders bestimmen will. Wargentin hat sich die Mühe gegeben, die von 1739 bis 1757 während 19 Jahren von Celsius, Strömer, Ferner und Maller angestellten Beobachtungen auf das schwedische Thermome-

ter (§. 115.) zu reduciren, und von 10 zu 10 Tagen das Mittel aus allen zu berechnen. Er fügte noch für 7 Jahre das Mittel aus den nächtlichen und mittäglichen Beobachtungen bey. Ich habe daraus für jeden Monat das Mittel berechnet, indem ich die von 10 zu 10 Tage angegebene mittlere Grade zusammen addirte, und den $\frac{1}{3}$ Theil von der Summe nahm. Den Erfolg stellt folgende Tafel in Graden des schwedischen Thermometers vor:

Monat.	Mittlere Wärme.	Mittel von Morgen u. Abend.	Mittel der Nachmittagswärme
Januar	— 4, 5	— 6, 1	— 3, 7
Februar	— 3, 8	— 5, 2	— 2, 5
März	— 1, 6	— 4, 7	+ 1, 4
April	+ 3, 7	— 0, 1	+ 7, 4
May	+ 8, 8	+ 4, 4	+ 13, 3
Junius	+ 15, 3	+ 10, 0	+ 20, 4
Julius	+ 16, 7	+ 11, 6	+ 21, 7
Augustus	+ 15, 4	+ 11, 1	+ 19, 8
Septembr.	+ 11, 2	+ 7, 5	+ 15, 0
October	+ 5, 8	+ 3, 4	+ 8, 2
November	+ 0, 6	— 1, 3	+ 2, 5
December.	— 2, 6	— 3, 5	— 1, 7

Ich construirte die Zahlen der ersten Columne als Ordinaten, deren Abscissen die Monate waren, und fand sie sehr regulär, so daß wenn x in Graden vom 19ten April an gezählt wird, die Formel

$$y = 5,6 + 10,7.\sin x + 0,7.\sin(2x - 70°)$$

sehr genau eben die Linie gab, die sich durch die Endpuncte der Ordinaten durchziehen ließ. Diese Formel ist aus den Beobachtungen hergeleitet, und demnach so, wie die Beobachtungen selbst von den Umständen des Ortes abhängig, wohin vermuthlich auch der gehört, daß das Thermometer nicht an freyer Luft war, (§. 172.) wiewohl Wargentin ausdrücklich das Gegentheil sagt. Ich berechnete nun nach der allgemeinen Formel (§. 633.) die jährliche Wärme für den 60sten Grad der Breite, und fand die Gleichung

$$y = 0,8183 + 0,5200.\sin x - 0,3500.\cos x - 0,0329.\sin 2x - 0,0219.\cos 2x + 0,0013.\sin 4x + 0,0004.\cos 4x,$$

und mittelst dieser folgende Werthe von y.

Jahreszeit.	y	Jahreszeit.	y
o ♈	0,4067	o ♎	1,1868
o ♉	0,7020	o ♏	0,8575
o ♊	1,0547	o ♐	0,5441
o ♋	1,3607	o ♑	0,3206
o ♌	1,5042	o ♒	0,2133
o ♍	1,4322	o ♓	0,2366

Nach diesen Zahlen habe ich nun die krumme Linie der 38sten Figur gezogen. Die Figur hat zur Rechten den Maasstab für die Ordinaten y. Zur Linken habe ich die Grade des schwedischen Thermometers aufgetragen, so, daß die größten und kleinsten Ordinaten mit den beobachteten Graden (§. 667.) zusammenpassen. Nach dieser schwedischen Stuffenleiter trug ich nun die beobachteten Grade als Ordinaten auf, und zeichnete die Endpuncten derselben durch o, in deren Mitte ein Punct ist. Man sieht, daß die Ordinate vom Brachmonat allein ausgenommen, die übrigen von der Rechnung sehr wenig abweichen, und daß die Abweichung noch geringer wird, wenn man die nach der Rechnung gezogene Linie um einige Tage vorwärts schiebt, oder die jährliche Erkältungs-Subtangente ϑ kleiner als $\frac{1}{4}$ setzt. (§. 659.) Diese geringe Abweichung, zumal in einem Lande, wo die Jahrgänge an Wärme und Kälte so sehr verschieden sind, zeigt nun, daß die Voraussetzung, (§. 609.) die ich auf den Erfolg hatte ankommen lassen, ganz gut angeht, wenn man aus vieljährigen Beobachtungen das Mittel nimmt. (§. 629.) 38 Figur.

Digitized by Google

Siebentes Hauptstück.

Vertheilung der Sonnenwärme unter der Erde.

§. 669.

Die Oerter ausgenommen, die zunächst an einem feyerspeyenden Berge liegen, ist die Grundwärme überhaupt geringer als die Winterkälte. Die Wärme, welche demnach die Erde von der Sonne erhält, vertheilt sich unter der Oberfläche so, daß sie sich einem bestimmten Grade nähert, und diese Näherung würde, überhaupt betrachtet, logarithmisch seyn, wenn die Oberfläche alle Tage gleich viel Wärme erhielte und wieder verlöre. (§. 327.) Dieser gleichförmigen Erwärmung kommen nun die Länder unter dem Aequator am nächsten. Also müßte man dorten Beobachtungen anstellen, um die Subtangente der logarithmischen Linie ausfündig zu machen.

§. 670.

In Europa herrschet in der jährlichen Erwärmung und Erkältung zu viel Ungleichheit, und dieses machet, daß die Veränderungen an der Oberfläche bis in eine ziemliche Tiefe ähnliche Veränderungen unter der Erde nach sich ziehen. Natürlicherweise aber werden diese Veränderungen in größern Tiefen geringer, und die Wärme entfernt sich daselbst weniger von ihrem Mittelstande. Eine Folge hievon ist, daß die innere Theile der Erde, an sich betrachtet, im Sommer wärmer, im Winter aber kälter sind, aber in Vergleichung mit der Erdfläche oder der äußern Luft den Anschein des Gegentheils haben, und zwar so sehr, daß man vor des Mariotte Versuchen dieses Gegentheil durchgehends glaubte. (§. 152—156.)

§. 671.

Nach Mariotte ist mir nur Hales bekannt, der in Absicht auf die Veränderungen der Wärme unter der Erde einige Versuche angestellt hat, wovon oben (§. 162.) die merkwürdigsten vorkommen. Hales erstreckte aber seine Beobachtungen nur bis so weit man gewöhnlich glaubt, daß der Frost eindringe, nemlich bis auf 2 Fuß. Und dieses war zu seiner Absicht genug, und der Einrichtung seines Gartenthermometers gemäß. Es blieben also, um die Vertheilung der Wärme unter der Erde vollständigere Beobachtungen zu machen. Und dazu entschloß sich auf meinen Antrag Herr Ott, ein gelehrter Kaufmann in Zürch im Jahr 1762.

Digitized by Google

§. 672.

Herr Ott ließ in dem Garten auf seinem vor der Stadt Zürch gelegnen landguthe Thermometer mit Röhren von behöriger Länge an einem Orte eingraben, der dem Sonnenschein und allen Abwechslungen des Wetters frey ausgesetzt war. Die Kugeln der Thermometer waren $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 4, 6 Fuß tief, und die Röhren lang genug, daß die Stuffenleiter über der Erde empor stunden. Die Thermometer waren mit Weingeiste gefüllt, weil dieser sich stark ausdehnt, und der in der Röhre befindliche Theil zu dem in der Kugel ein unmerklicheres Verhältniß hat, als wenn Queckſilber gebraucht worden wäre. Die Eintheilung war nach des *Michelli du Crest* Art gemacht, (§. 125.) und die Grade waren $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll groß. Man kann hieraus abnehmen, daß die Röhren in Vergleichung mit den Kugeln sehr dünne waren. Und dieses mußte auch seyn, wenn ersterwähntes Verhältniß sehr gering seyn sollte. Denn eigentlich wollte man bey jedem Thermometer die Wärme wissen, die in der Tiefe der Kugel statt findet, und nicht die in den verschiedenen Theilen der Röhre. Das 6 Fuß tiefe Thermometer ließ Herr Ott nicht gleich Anfangs eingraben, sondern erst nachdem ihm Beobachtungen von einigen Monaten gelehrt hatten, daß es in solcher Tiefe noch beträchtliche Veränderungen giebt. Er setzte die Beobachtungen $4\frac{1}{2}$ Jahre lang, bis kurz vor seinem Tode, fort. Er schickte mir sie im Frühling 1768, da ich dann eine ziemlich vollständige Abschrift davon machen ließ, damit, wenn sie beym Zurückeschicken verlohren gehen sollten, sie so ziemlich wieder hergestellt werden konnten.

§. 673.

Es hatte sich nun Herr Ott nicht bloß die Mühe gegeben, den Stand der Thermometer aufzuzeichnen. Er berechnete für halbe und ganze Monat das Mittel aus den Graden eines jeden Thermometers, indem er sie zusammen addirte, und die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen theilte. Auch bemerkte er die größten und kleinsten Höhen, und nahm von diesen besonders das Mittel, welches von jenem oft merklich verschieden war, und auch weniger brauchbar ist. Endlich nahm Herr Ott auch das wahre Mittel für jeden Monat aller 4 Jahre, damit, was etwa das eine Jahr zu viel oder zu wenig hatte, durch die übrigen abgeglichen würde. Dieses gab ihm in Theilen des *du Crest*schen Thermometers folgende Tafel:

Monate.	Fuß Tiefe der Thermometer unter der Erde.											
	¼		½		1		2		3		4	6
Januar.	—	84	—	80	—	74	—	68	—	60	—	50	—	35
Februar.	—	90	—	82	—	78	—	70	—	65	—	54	—	45
Merz.	—	29	—	52	—	49	—	53	—	53	—	48	—	46
April.	+	3	—	20	—	20	—	28	—	29	—	32	—	32
May.	+	22	+	13	+	11	+	2	—	2	—	6	—	16
Juny.	+	52	+	38	+	33	+	24	+	18	+	11	+	1
July.	+	54	+	42	+	40	+	32	+	32	+	26	+	18
August.	+	44	+	40	+	38	+	34	+	36	+	32	+	26
September.	+	24	+	22	+	24	+	25	+	29	+	28	+	28
October.	—	12	—	16	—	13	—	7	+	1	+	6	+	14
November.	—	48	—	46	—	42	—	30	—	21	—	13		0
December.	—	72	—	71	—	66	—	56	—	46	—	35	—	20
Mittel.	—	12	—	18	—	17	—	16	—	13	—	11	—	9

§. 674.

39. Figur

Nach diesen Zahlen habe ich für die 1, 3, 4, 6 Fuß tiefen Thermometer eben so viele krumme Linien gezeichnet, die Ordinaten aber für den nur 3 Zoll tiefen durch o angedeutet, theils um die Figur nicht zu verwirren, theils auch, weil dieses Thermometer noch mehrere Jahre durch hätte müssen beobachtet werden, um seinen wahren mittlern Gang bestimmen zu können. Voran steht die *du* CRESTsche Stuffenleiter, und durch deren o habe ich die Abscissenlinie gezogen und die Monate oder eigentlich die mittlern Tage derselben durch die Anfangsbuchstaben angezeigt. Man sieht aus der Figur ohne Mühe, daß unter der Erde die größte Wärme und die größte Kälte desto später eintrift, je tiefer der Ort ist. Z. E. in der Tiefe von 6 Fuß fallen diese Zeiten auf den Anfang des Septembers und des Merzen. In noch größern Tiefen noch später. Wenn demnach Mariotte in seinen Kellern, die viel tiefer waren, nicht spätere Zeiten findet, (§. 153. 154.) so rührt dieses großentheils daher, daß in den Zugängen zu den Kellern nicht dichte Erde, sondern Luft ist, wodurch die Wärme sich viel leichter fortpflanzt.

§. 675.

Die in der Figur gezeichneten Linien haben überhaupt eben die Gestalt, welche die für die äußere Sonnenwärme gezeichneten haben. Sie lassen sich demnach eben so durch Gleichungen von der Form

$$y = a.f(b + x) + c.f(d + 2x) + \&c.$$

Digitized by Google

vorſtellig machen. Und wenn man ſie nach der obigen allgemeinen Gleichung (§. 633.) berechnen will, ſo muß die Subtangente θ größer angenommen werden, damit die größte und kleinſte Wärme ſpäter eintreffe. Der Zufluß der Sonnenwärme iſt zwar ebenfalls, jedoch für gleiche Tiefe, in beſtändiger Proportion geringer. Dieſes ändert demnach nur die für v zum Grunde liegende Einheit, weil die daher entſtehende Verminderung das ganze Jahr durch nach einerley Verhältniß geſchieht. Denn ſetzt man in der Formel (§. 631.)

$$v. e^{x:\theta} = \int e^{x:\theta} q\, dx + \text{Conſt.}$$

nq anſtatt q, ſo daß n beſtändig iſt, ſo erhält man

$$v'. e^{x:\theta} = n. \int e^{x:\theta} q\, dx + n. \text{Conſt.}$$

und damit für einerley Zeit x

$$v : v' = 1 : n,$$

wenn nemlich die Subtangente θ bereits ihren beſtimmten Werth hat. Man erhält alſo allgemeiner (§. 623.)

$$v = A \sin \theta - B \sin \theta. \frac{\theta \cos x - \int x}{1 + \theta\theta}$$

$$- C \sin \theta. \frac{\cos 2x + 2\theta \int 2x}{1 + 4\theta\theta}$$

$$+ \&c.$$

Und da gegen die Mitte der gemäßigten Zone, wo eben Zürch unter 47°. 22′ Breite liegt, die Coefficienten C, D, &c. ſehr klein ſind, (§. 634.) ſo wird v ſo ziemlich genau ein Maximum oder ein Minimum, wenn der Ausdruck

$$-\theta \cos x + \int x$$

ein ſolches wird. Man ſetze $\theta = \tang x$, ſo iſt

$$-\theta \cos x + \int x = \frac{\int (x - x)}{\cos x}$$

folglich $v = \max.$ Wenn $x - x = 90°$
und $v = \min.$ Wenn $x - x = 270°$

Digitized by Google

ist. Das $\varkappa$ stellt demnach in Graden die Zeit von den Sonnenwenden bis zum Tag der größten Wärme oder Kälte vor, und tang $\varkappa = \theta$ giebt die Länge der Subtangente. Also bleibt für jede Tiefe $\varkappa < 90°$, und so verspätigt sich die größte Wärme und Kälte in der Erde nirgends über die Zeit der Nachtgleichen.

§. 676.

Die Figur, so wie die Tafel, zeigt ferner, daß die Ordinaten sich weniger über o erheben als sich unter o vertiefen, und die Verhältniß ist so ziemlich, wie 4 zu 7. In sofern scheint das von *Micheli du Crest* sogenannte Temperé de la terre oder der o Grad seines Thermometers zu Zürch einzutreffen, ungeachtet *Micheli du Crest* es in einem tiefen Brunnen zu Rochelle oder irgend dort herum hat finden wollen.

Regiſter.

A.

Academia del Cimento ihre Thermometer §. 29. 33.
Algier, monatliche Wärme daſelbſt § 664.
Amontons verfällt zuerſt auf die wiſſenſchaftliche Thermometer-Eintheilung §. 56. ſein Thermometer §. 76. 78. Verſuche §. 330. 78.
Anblaſen §. 513.
Arabien, wie die Tagswärme dort zunimmt §. 625.
Arnold, ſeine Verſuche §. 247. 482.
Aufſteigen der Wärme §. 416.
Ausbreitung der Wärme §. 346.
Ausdehnung durch den Froſt §. 247.
Ausdünſtung §. 233. erkläret §. 281.
Ausflußwinkel §. 349.

B.

Bagden, ſein Hitzzimmer §. 565.
Belidor §. 501.
Benart, ſein Thermometer §. 165.
Beugen der Körper § 434.
Bernoulli (Daniel) §. 37. 45.
Berthoud §. 217.
Birnbaumholz, wie weit die Wärme es ausdehnen könnte, wenn es nicht eintrocknete § 447.
Blasrohr §. 36.
Boerhave §. 96. 97. ſeine Stuffen der Wärme §. 503.
Borelli §. 30.
Bouguer §. 217.
Bourbon Inſel, Wärme daſelbſt §. 665.
Brander §. 99
Brennſpiegel und Gläſer §. 357. 383.
Braun fehlt bey Vergleichung der Thermometer §. 132. bringt das Queckſilber zum Frieren §. 489.
Buffon (v.) §. 366.

C.

Caminheerde §. 414
Celſius, ſein Thermometer §. 115. findet, das Holz ſich in der Kälte ausdehnt §. 220.
Condamine §. 217.
Coſigni §. 665. 666.
Crucquius §. 73. ſein Thermometer und Beobachtungen §. 79.
Cullen ſeine Verſuche §. 492.

D.

Dalencé denket zuerſt auf übereinſtimmende Thermometer §. 94. an die Ausdehnung des Marmors §. 273.
De l'Iſle §. 85. ſein Thermometer §. 114.
Deſaguliers §. 308.
Doppelmayer §. 661.
Douglas §. 544
Drebbel ſeine Geſchichte §. 23. 25. ſein Thermometer §. 57. ſein Geheimniß berechnet §. 497. 498.
Dünſte, ihre Ausdehnung durch die Wärme §. 231.

E.

Einfallswinkel kommt beym Feuer in Betrachtung §. 288.
Eiſen, glühendes, deſſen Grad der Wärme §. 92.
Eiſenſchmied §. 198. ſeine Tafel von der Ausdehnung mehrerer flüßigen Materien § 201.
Empfindung der Wärme §. 544. 555. Unterſchied von Waſſer und Luft §. 565. 567.
Erde, ihre Erwärmung von der Sonne. §. 588
Erkältung, Geſetze derſelben §. 259 260.
Erkältungs Subtangente §. 259. 261. 263. 266. 268. 311. 310
Erwärmung am Feuer und an der Sonne §. 269.
Erxleben ſeine Stuffen der Wärme §. 504.
Euler §. 652.

Digitized by Google

F.
Fahrenheit §. 97. ſeine Thermometer § 110.
Farbe der Thermometer ändert die Ausdehnung an der Sonne §. 274-280.
Faugere (Abbt) §. 191.
Ferner §. 667.
Feuer, deſſen Verſtärkung §. 509.
Feuerthellchen, ihre Menge zu gleichen Graden der Wärme iſt in verſchiedenen Körpern verſchieden §. 308.
Flamme, Kraft, womit ſie ſteigt § 419.
Florentiniſche Thermometer führten lange Zeit eine unverſtändliche Sprache §. 33. 166. wie fern ſie aus den damit angeſtellten Beobachtungen kenntlich zu machen §. 165-178.
Fludd (Robert) §. 25.
Fowler ſein Thermometer §. 164.
Franz §. 219.
Frierpunct § 188. 189.
Froſch, deſſen Wärme §. 553.
G.
Galilei §. 25.
Garten, Wärme unter deſſen Boden §. 162. 673.
Gauger §. 414.
Gericke (Otto) §. 27. 37.
Geſetze der Pyrometrie beſtehen beyſammen §. 392.
Gesner (J.) § 165.
Geſchwindigkeit der Wärme §. 393.
Gewächſe, Wärme für dieſelben §. 164. 165.
Glas, ſeine Ausdehnung durch die Wärme §. 217. 446.
Grade der Wärme, Tafel der beobachteten §. 508. beſtändige Grade der Hitze, wie ſie zu verſchaffen §. 337.
Griſchov §. 111.
Grundwärme der Erde §. 579.
H.
Hales ſein Gartenthermometer §. 160. Beobachtungen §. 161. 162.
Halley unterſucht die Ausdehnung durch die Wärme § 34. berechnet die Menge der Sonnenwärme §. 595.
Harsdörfer §. 23.
Hawksbée ſeine Thermometer §. 157.
Hecht, deſſen Wärme §. 553.
Hention §. 26.
Herbert § 217.
Hire (de la) §. 56. ſein Thermometer §. 144.
Hitze, größte, erträgliche, ſchien unglaublich §. 565.
Hoffmann §. 284.
Holz, wie es wärmt §. 530-538.
Homberg ſeine Verſuche über die Ausdehnung einiger Materien § 202.
Hydroſtatiſche Thermometer §. 194.
Hygrometriſche Wirkungen von thermometriſchen zu unterſcheiden §. 221.
J.
Jährliche Sonnenwärme § 628.
Irkutzk, daſelbſt fror Queckſilber §. 490.
Juan (D. G.) §. 217. 288.
K.
Kalch, naſſer erkältet das Thermometer §. 281.
Keller, Wärme und Kälte in denſelben § 153-156.
Körper die einander erwärmen §. 294. 315. allgemeines Geſetz §. 317. wenn zugleich auch das Feuer ſie wärmt § 324.
Kohlfeuer, wie es ein Zimmer wärmt §. 555.
Kraft der Wärme § 423. in Meßing und Eiſen §. 448.
Krasnojark, daſelbſt fror Queckſilber.
L.
Leichtflüßigkeit gröſte von Miſchungen §. 475
Leidenfroſt, ſein Vorſchlag eines Pyrometers §. 237.
Leinöhlthermometer haben mit denen von Queckſilber einen ziemlich gleichen Gang §. 108
Leupold §. 58. 69.
Lie Enecht ſeine Verſuche §. 540.
Limings ſeine Verſuche §. 547.
Lowiz mißt die Ausdehnung des Eiſens § 219.
Luc (de) § 99. tadelt Reaumurs Thermometer §. 117. macht ein Thermometer nach deſſen Vorſchrift §. 132. macht an-

Digitized by Google

dere zu beſtimmten Abſichten §. 185-187.
beſtimmt den Siedepunct auf Bergen §. 192
Luft, Maaß ihrer Ausdehnung §. 89. Wärme in ihren verſchiedenen Höhen §. 421.
Luftthermometer mit dem von Weingeiſt verglichen §. 135-142.
Luftpumpe, Verſuche mit derſelben §. 492.

M.

Mairan §. 651.
Mallet §. 607.
Mayer §. 653.
Markgraf ſeine Verſuche vom leichtflüßigſten Schnellloth §. 480.
Mariotte beſtimmt die Zuſammenpreſſung der Luft §. 37. 45. ſeine Thermometer §. 132. beſtreitet ein Vorurtheil §. 550.
Martin (R.) ſeine Verſuche §. 549. 554.
Martine §. 113. tadelt Reaumurs Thermometer §. 117.
Memnons Bildſäule §. 499.
Menge der Wärme §. 515. der Sonnenwärme §. 584. für einen Tag §. 591. fürs ganze Jahr §. 604.
Meßingne Saite, wenn ſie zerreißet §. 426.
Metalle ihre Ausdehnung durch die Wärme §. 217.
Micheli du Creſt §. 99. zeigt das fehlerhafte an Reaumurs Thermometern §. 117. verbeſſert die Thermometer §. 118
Miſchung kalten und warmen Waſſers §. 295. andere Miſchungen §. 484.
Mond wärmt nicht §. 375.
Monnier (le) beſtimmt den Siedepunct auf dem Canigou §. 190.
Müller mißt die Zuſammenpreſſung der Luft §. 40.
Muſchenbroek §. 129. 217. ſein Pyrometer §. 226. 338
Muſic dient zur Beſtimmung der Zähigkeit §. 426-433. und des Grades der Schmelzbarkeit §. 444. 445.
Mydorge §. 26.

N.

Newton §. 97. ſein Thermometer §. 103. ſein Satz von der Mittheilung der Wärme §. 251-254. Stuffenleiter verſchiedener Grade der Wärme §. 105. 264.
Niebuhr §. 625.
Nollet (der Abbt) §. 129-131.
Nürnberg, Wärmewechſel daſelbſt §. 661.

O.

Oehl, wie viel Feuer es enthält §. 541-543.
Ofen §. 408. ſeine Wärme §. 539.
Ort ſeine Beobachtungen §. 673.

P.

Padua, tägliche mittlere Wärme daſelbſt §. 662.
Paris, Sommerwärme und Winterkälte daſelbſt §. 147. 151.
Phlegiſton §. 21. 407.
Piſtoi §. 273.
Poleni §. 73. ſein Thermometer §. 80.
Pondicherry, Wärme daſelbſt §. 666.
Pulsſchläge mit der Wärme verglichen §. 78.
Pyraulie §. 15.
Pyrobolie §. 18.
Pyrodynamie §. 16.
Pyrometeorologie §. 19.
Pyrometrie §. 10.
Pyronomie §. 18.
Pyrophorie §. 18.
Pyroſtatic §. 11.
Pyrotechnie §. 19.
Pyrurgie §. 18.

Q.

Queckſilber wird zum Frieren gebracht §. 489. 490. 491.
Queckſilberthermometer mit denen von Weingeiſt verglichen §. 124.

R.

Racketen, Kraft derſelben §. 501.
Reaumur §. 99. Merkwürdigkeit bey ſeinem Thermometer §. 132. macht viele Verwirrung §. 133.
Reiben erregt Wärme §. 514.
Renaldini denkt zuerſt auf Thermometer ſo die wahren Grade der Wärme anzeigen §. 96.
Richer §. 215.
Robins mißt die Ausdehnung der Luft in glühendem Eiſen §. 92.

S

Santorio §. 25.
Sarpi (Fr. Paolo) §. 25.
Schießpulver, Kraft deſſelben §. 501.
Schildkröte, ihre Wärme §. 553.
Schlagloth § 455.
Schlange, ihre Wärme §. 553.
Schleebüchſe §. 36.
Schmelzbarkeit gemiſchter Materien § 455.
Schnellloth §. 455. das leichtflüßigſte §. 475. 479.
Schwenter §. 14. 26.
Schwimmer, wie viel ſie erkälten §. 554.
Siedepunct §. 190-193.
Sonne wärmt die Körper ungleich §. 275. 279. 283. ihre Hitze §. 374.
Sonnenwärme durch Gläſer vermindert § 282 durch die Luft §. 283. Berechnung § 573.
Stälerne Saite wenn ſie zerreißt §. 426.
Stange, eiſerne ſo mit dem einen Ende im Feuer liegt §. 327. giebt alle Grade der Hitze an §. 337.
Strohmayer §. 99.
Strömer § 667.
Stuffen der Wärme §. 502.
Succow, ſeine Stuffen der Wärme §. 506.
Sulzer mißt die Zuſammenpreſſung der Luft §. 38.

T.

Tafel von beobachteten Graden der Wärme §. 508.
Tagelicht, deſſen Wärme §. 287.
Tägliche Sonnenwärme §. 609.
Thermometer, das alle Grade der Hitze zugleich zeigt §. 337. beſondere Art §. 225.
Thermometrie §. 17.
Toaldo §. 80. 662.
Torricelli §. 27.
Tropfen Waſſer in großer Hitze §. 237-240.
Tſchirnhauſen (v.) ſein Brennglas §. 364.

U.

Uhr, ſo mittelſt der Abwechslung der Wärme geht §. 452.
Upſal, mittlere monatliche Wärme daſelbſt §. 607.

V.

Vertheilung der Wärme, einförmige §. 321.
Villette, ſein Brennſpiegel §. 360. Fehler deſſelben §. 361. 362.
Vitruv §. 25.
Viviani §. 25.

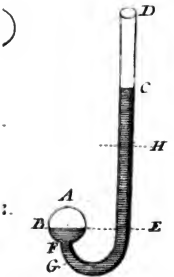
W.

Wärme, ihre ehmalige mediciniſche und philoſophiſche Grade §. 26. ihre Kraft in der Luft §. 40. wie ſie in Körpern iſt §. 385. f. in verſchiedenen Höhen des Zimmers §. 418. ihre Kraft in den Körpern § 448. 453. ihre Schnellkraft §. 492. Tafel von ihren Graden §. 508
Waage, eine ſehr empfindliche für kleine Gewichte §. 439.
Wargentin § 667.
Waſſer ſiedendes, ſeine Cohäſionskraft § 454
Weingeiſt braucht zu gleicher Wärme mehr Feuertheilchen als Queckſilber, aber weniger als Waſſer §. 308. Anwendung davon §. 486. 487.
Weinproben §. 204.
Wolf (Chriſtian v) §. 33. ſein Luftthermometer §. 91. urtheilt irrig von Renaldini §. 96. ſeine Fahrenheitiſche Thermometer §. 110. 112. ſein Florentiniſches §. 177. 178.

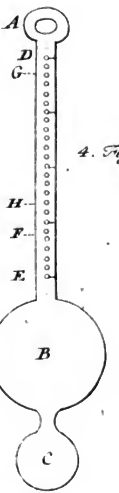
Z.

Zahn, ſein Bericht von Brennſpiegeln §. 379.
Ziegler §. 238. ſeine Verſuche über die Schnellkraft der Dünſte §. 241-245. ſeine beobachtete Grade der Hitze §. 265. 477. ſein Vorſchlag zur Beſtimmung der größern Grade von Hitze §. 479.
Zimmer, Vergleichung ihrer Temperatur mit der von der äußern Luft §. 169. f.
Zurückprallen der Wärme § 356. von der inneren Fläche der Körper §. 387. der Flamme §. 411.
Zuſammenhangskräfte der Körper, ihr Maaß §. 424 durch die Muſic beſtimmt §. 426. f. durch biegen §. 434. f. dienen zum Maaß der Kraft der Wärme §. 442. ff.

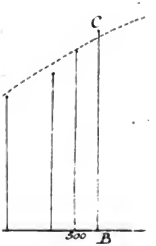
Digitized by Google

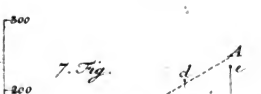


3. Fig.



4. Fig.





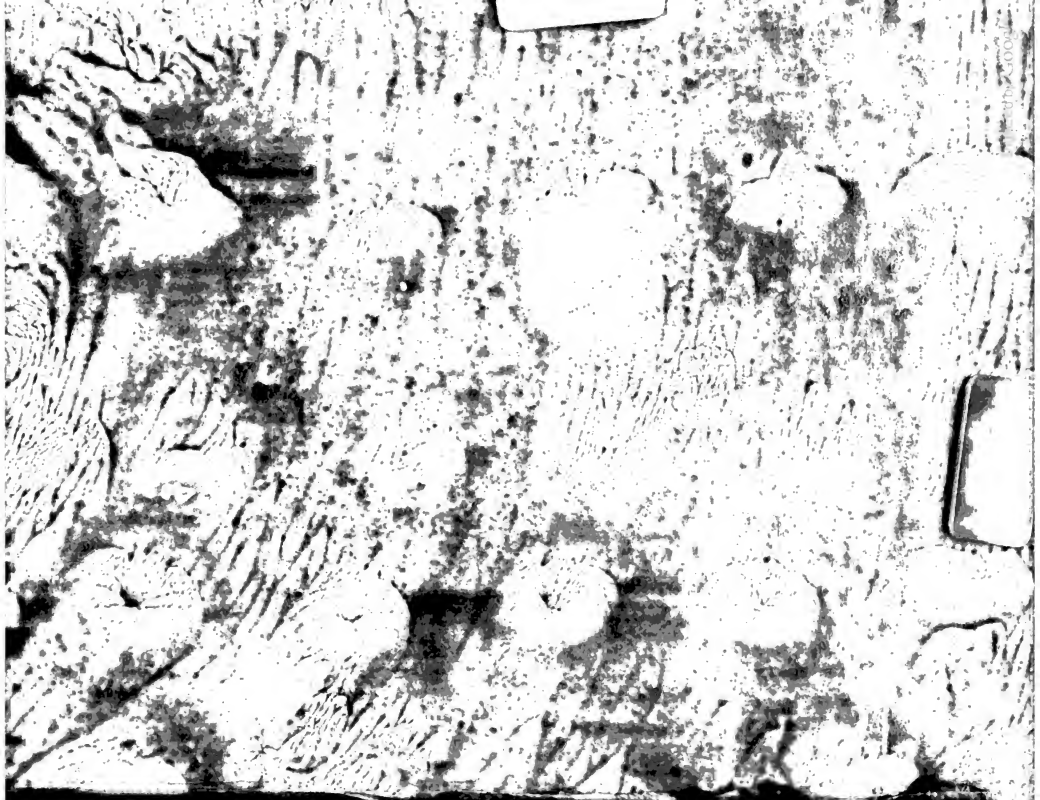
7. Fig.

8. K

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google